This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

LANE MEDICAL LIBRARY STANFORD STOR
F55 .C99 1864
Mittheilungen aus dem physiologischen Pr

LANE MEDICAL LIBRARY
SAN FRANCISCO

Mittheilungen

aus dem

physiologischen Privatlaboratorium

von

Joh. N. Czermak in Prag

Med. et Chir. Dr.

vormals Professor der Physiologie an den Universitäten von Krakau und Pest
corresp. Mitglied der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien etc.

I. Heft.

(Mit einer Vignette und 9 in den Text gedruckten Holzschnitten.)

Wien, 1864.

Verlag von Karl Czermak.

LANE
MEDICAL

LIBRARY
LEVI COOPER LANE FUND

Mittheilungen

aus dem

physiologischen Privatlaboratorium

von

Joh. N. Czermak in Prag

Med. et Chir. Dr.

vormals Professor der Physiologie an den Universitäten von Krakau und Pest
corresp. Mitglied der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien etc.

I. Heft.

(Mit einer Vignette und 9 in den Text gedruckten Holzschnitten.)

Wien, 1864.

Verlag von Karl Czermak.

LANE LIBRARY

F53
C99
1869
Ht.1

Vorrede.

Nachdem ich im Herbst 1860 meine Professur an der pester Universität niedergelegt hatte, kehrte ich nach mehrjähriger Abwesenheit in meine Vaterstadt Prag zurück und richtete mir ein physiologisches Privatlaboratorium ein, um Gelegenheit zu haben die Studien und Arbeiten, welche mein Lebensberuf sind, ungestört fortsetzen zu können.

Ich habe mein Laboratorium in einem Maassstabe angelegt, dass es nicht nur meinen persönlichen Bedürfnissen genügt, sondern auch hinreichend Raum und Mittel bietet, um eine grössere Anzahl von Schülern und Mitarbeitern zu beschäftigen.

Die Mitte des ersten Stockwerkes des Gebäudes (s. Titelvignette), welches der hiesige Architekt, Herr Ullmann, aufgeführt hat, nimmt ein grosser an 100 Zuhörer fassender Saal ein, der sein Licht durch 3 Fenster und ein im Plafond angebrachtes Oberlicht erhält. Rechts vom Saal befindet sich ein Vorzimmer und ein kleines Studierzimmer, links vom Saal ein grösseres Arbeitslocale mit Schränken, zum Aufbewahren der Instrumente und Präparate.

Zu ebener Erde sind 4 Zimmer, von denen eines als Werkstatt, eines als Wohnung des Dieners eingerichtet ist, während die beiden anderen zur Vornahme chemischer Arbeiten bestimmt sind, und verglaste Herde, Schmelzöfen u. s. w. enthalten.

Ein die ganze Breite des Gebäudes einnehmender gewölbter Keller zur Aufbewahrung der Thierbehälter, des Brennmaterials

94520

[illegible] mit ein [illegible] Boden [illegible] der [illegible] Kammern [illegible].

In allen Zimmern des Hauses sind Gasröhren passend vertheilt und in einem derselben mündet ein Wasserleitungsrohr. Die ganze Fronte des Gebäudes sieht in ein Gärtchen, in dessen Mitte ein Bassin mit fliessendem Wasser angelegt ist, das im Sommer mit Wasserthieren und Pflanzen bevölkert wird.

Was die innere Einrichtung des Laboratoriums und die Sammlungen von Instrumenten, Präparaten und Lehrbehelfen anbelangt, so ist die erstere so gut wie vollendet; die letzteren werden angelegt und sind zum Theil bereits in fortwährendem Wachsen begriffen.

Die Erfahrungen, welche ich in meiner früheren Stellung [illegible] der physiologischen Institute der Universitäten zu Krakau und zu Pest gesammelt hatte, kamen mir dabei wesentlich zu Statten.

Wenn ich es mir auch bisher versagt habe, die angedeuteten [illegible] Mittel zu regelmässigen öffentlichen Vorträgen und [illegible] zu benützen, so ist der Grund davon in [illegible] und Rücksichten zu suchen; um so dringender [illegible] es mir aber geboten durch das vorliegende erste Heft der „Mittheilungen" aus meinem Laboratorium, ein erstes [illegible] Lebenszeichen der neuen Anstalt zu geben.

Möge der Inhalt der „Mittheilungen" eine freundliche Aufnahme finden!

Prag, 15. Januar 1864.

Der Verfasser.

Inhalt.

Seite

I. Versuche mit Curare.

a) Ein einfaches Verfahren, das Kölliker'sche Experiment zu demonstriren 1
b) Der Erfolg des Stannius'schen Herzversuchs an vergifteten Fröschen 4
c) Demonstration des Bernard'schen Experiments vermittelst Stromschleifen 8

II. Ein Apparat zur Erläuterung der Innervationsvorgänge, welche rhythmisch erfolgende Bewegungen erzeugen und reguliren.

a) Zur Nachahmung der Regulirung der Athembewegungen 13
b) Zur Nachahmung der Regulirung der Innervation des Herzens . . . 18

III. Sphygmische Studien. (Neue Unters. über den Arterienpuls.)

A. Von der Photosphygmographie 24
B. Vom Pulsspiegel 29
C. Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen 33

a) Methode mit dem Pulsspiegel 35
b) Methode mit dem Sphygmographen 36

α) Messung der Pulsverspätung zwischen *Art. rad.* u. *Art. dors. ped.* 40
β) Messung der Verspätungsintervalle zwischen dem Herzstoss und dem Puls der *Art. rad.* und der *Art. dors. ped.* 41
γ) Messung der Verspätungsintervalle zwischen dem Herzstoss und dem Puls der *Carotis* einerseits, und zwischen dem Puls der *Carotis* und den Pulsen der *Art. rad.* und der *Art. dors. pedis* andererseits 43

c) Die elektrische Methode 48

α) Das Verfahren des freien Markirens der Pulse 50
β) Das Verfahren mit dem Pulsmanometer 51

Seite

γ) Das Verfahren mit Hebelvorrichtungen 53
δ) Kritische Bemerkungen 56
d) Vorläufige Resultate 58

IV. Bemerkungen über einige physiologische Apparate.

a) Eine neue Canüle zur künstlichen Athmung 65
b) Verbesserung an der Du-Bois-Kühne'schen Vorrichtung zu Versuchen über chemische Reizung der Muskeln 69
c) Verbesserung am Marey'schen Sphygmographen 71

Seite
. 53
. 56
. 58
. 65
69
71

I.

Versuche mit Curare.

Das zu den folgenden Versuchen verwendete Pfeilgift erhielt ich im September 1863 durch die Güte des Herrn Prof. Heidenhain in Breslau, welcher dieses ausgezeichnet wirksame Präparat von Herrn C. F. Appun in Bunzlau (pr. Schlesien) bezogen hatte.

Ich löste 0·5 Gramm des Giftes in 50 C. C. destillirten Wassers und bereitete mir auf diese Weise eine Flüssigkeit, welche in 1 C. C. 10 Milligr. Curare enthielt.

Die Frösche, an welchen ich experimentirte, waren im rauhen Spätherbst des vorigen Jahres eingefangen und seit Wochen in Wasserbehältern im Keller aufbewahrt worden.

a) Ein einfaches Verfahren das Kölliker'sche Experiment zu demonstriren.

Kölliker hat (s. Virchow's Archiv 1856) zuerst nachgewiesen, dass das Curare durch das Blut auf die peripherischen motorischen Nerven wirkt und die Endigungen derselben früher angreift als die Stämme.

Sein experimentelles Beweisverfahren am Frosch beruht bekanntlich auf den negativen Erfolgen der Curarevergiftungen nach vorher unterbundenen Gefässen einer hinteren Extremität oder der ganzen hinteren Körperhälfte oder nach gänzlicher Trennung einer Extremität bis auf den Nerven.

Das Aufsuchen und Unterbinden der Gefässe ist jedoch zeitraubend und nicht ganz mühelos, die gänzliche Trennung einer Extremität bis auf den Nerven hingegen misslich, weil der blossliegende Nerv leicht Zerrungen durch die Bewegungen der getrennten Theile der Extremität erfährt und auf eine grössere oder geringere Strecke aus seinen natürlichen Verbindungen herausgerissen, sich nicht unter völlig denselben Bedingungen befindet wie der mit ihm zu vergleichende Nerv der anderen Körperhälfte.

Ich erlaube mir nun hier ein sehr einfaches und von den angedeuteten Uebelständen völlig freies Verfahren zur Anstellung des Kölliker'schen Experimentes mitzutheilen und für die Demonstration der Curare-Wirkungen im Collegium zu empfehlen, auf welches ich ganz zufällig gekommen bin.

Ich benütze seit langer Zeit zur Befestigung der Frösche dünne Brettchen aus polirtem harten Holz, welche mit einer Anzahl passend angeordneter Löchelchen versehen sind. Durch diese Löchelchen werden beide Enden von nicht zu langen Stücken starken Bindfadens gesteckt, so dass jedes Bindfadenstück auf der vorderen Fläche des Brettchens eine Schlinge bildet. Jede dieser Schlingen wird, nachdem der zu befestigende Körpertheil hindurch geschoben ist, durch Anziehen der auf der hintern Seite des Brettchens hervorstehenden Bindfadenenden fest zugezogen und durch einen kleinen von hinten her eingetriebenen Holzkeil festgestellt.

Auf diese, beiläufig bemerkt sehr bequeme Art, hatte ich die Frösche denn auch befestigt, als ich die Wirksamkeit des von Prof. Heidenhain erhaltenen Curare prüfen wollte. Die Frösche waren in der Bauchlage durch vier an den ausgestreckten Extremitäten angelegte Schlingen festgebunden. An den Armen befanden sich die Schlingen unmittelbar über den Ellenbogengelenken, an den Beinen an den Sprunggelenken.

Zu meinem grossen Erstaunen konnte ich nun aber an Fröschen, die auf diese Weise befestigt waren, selbst durch sehr starke Dosen der oben angegebenen Curarelösung, welche ich durch eine kleine Wunde am Nacken in den mittleren Rückenhautsack injicirte und selbst nach mehr als stundenlangem Zuwarten keine vollständige Lähmung aller Körpertheile erzielen.

Zwar wurden die Athembewegungen immer alsbald vollständig sistirt und die stärkste elektrische Reizung des *plexus sacralis* oder des *N. ischiadicus* bewirkte keine Zuckung der Beine mehr; allein die

Füsse und Zehen, die Vorderarme und Finger blieben bis zuletzt — wenn auch in abnehmendem Grade — beweglich.

Nachdem nämlich die Athembewegungen längst aufgehört hatten, konnten immer noch Zuckungen der genannten Theile, durch den Willensimpuls der Thiere, auf reflectorischem Wege und endlich — selbst nach 1 — 2stündigem Zuwarten — immer noch durch Reizung der motorischen Nervenstämme ausgelöst werden.

Befestigte ich jedoch die Frösche gar nicht oder nur vermittelst dreier Schlingen auf das Brettchen, während eines ihrer Hinterbeine frei herabhing, so stellte sich die gewohnte Curarewirkung im ganzen Körper oder wenigstens in dieser Extremität vollständig und in gewohnter Zeit ein.

Es ergab sich somit die unerwartete Thatsache, dass der gar nicht sehr bedeutende Druck der zugezogenen Bindfadenschlingen — ohne zugleich die Erregbarkeit und Leitungsfähigkeit der Nerven zu beeinträchtigen, — an den angegebenen Stellen der Extremitäten schon eine so bedeutende Circulationsstörung setzt, dass die abgeschnürten Theile vor der vollständigen Vergiftung durch das Blut überraschend lange Zeit geschützt werden.

Auf diese Thatsache gründet sich mein einfaches und bequemes Verfahren das Kölliker'sche Experiment zu demonstriren, welches ich im Folgenden kurz beschreiben will.

Ich befestige einen Frosch vermittelst der Bindfadenschlingen an dreien seiner Extremitäten auf das Brettchen, während die vierte Extremität, eines seiner Hinterbeine, frei bleibt; dann vergifte ich das Thier durch eine starke, rasch wirkende Dosis Curare (bis zu 1 C. C. obiger Lösung) und warte das Eintreten der Vergiftung ab. Dann lege ich die beiden bis dahin unter gleichen Bedingungen befindlich gewesenen *N. ischiadici* in grosser Ausdehnung bloss und reize dieselben abwechselnd mit beliebig starken elektrischen Schlägen oder auf mechanischem oder chemischem Wege.

Der Erfolg ist nun der bekannte des Kölliker'schen Experiments.

An der freien Extremität, mit ungehinderter Circulation, entsteht auf die Reizung des Nervenstammes keine Spur von Bewegung, während auf directe Muskelreizung Zuckungen eintreten.

An dem, vermittelst der in der Gegend des Sprunggelenks angelegten Bindfadenschlinge befestigten Bein zucken hingegen die Zehen des jenseits der Schlinge befindlichen Fusses nicht nur bei directer

Reizung ihrer Muskeln, sondern auch bei Reizung des Ischiadicus kräftig.

Anfangs und selbst später noch löst die Reizung sensibler Nervenfasern auf reflectorischem Wege Bewegungen der jenseits der Schlingen liegenden Theile der drei angebundenen Extremitäten aus und dies gelingt natürlich auch durch Reizung des zu dem völlig gelähmten freien Beine gehenden Ischiadicus; so dass dann die Extremität, deren Nerv direct gereizt wird in Bewegungslosigkeit verharrt, während der scheinbar ungereizte Fuss der andern Seite und die beiden abgeschnürten Vorderarme in lebhafte Bewegung gerathen.

Kurz es lassen sich an einem in der beschriebenen einfachen Weise vorgerichteten Frosch alle jene Thatsachen aufzeigen, aus welchen Kölliker geschlossen hat:

1. Dass das Curare durch das Blut auf die peripherischen, motorischen Nerven wirkt.

2. Dass das Curare das Gehirn, das Rückenmark, und die sensiblen Nerven viel weniger angreift als die motorischen Nerven; und endlich

3. dass das Curare die Endigungen der motorischen Nerven früher angreift, als die Stämme.

Legt man an diesen mit grossen Dosen Curare vergifteten Fröschen das Herz bloss, zu welchem Ende die Brettchen einen grossen elliptischen Ausschnitt haben, durch welchen die ganze Bauchfläche zugänglich wird, so sieht man, dass die Herzbewegungen trotz der eingetretenen Vergiftung völlig ungehindert von Statten gehen; die Reizung der *Medulla oblongata* eines oder beider Vagi erweisen sich jedoch bereits als ganz wirkungslos. Das Herz kann dann hierdurch bekanntlich nicht mehr in diastolischen Stillstand versetzt werden. Gelingt es unter diesen Umständen auf keine Weise mehr den diostolischen Herzstillstand hervorzurufen?

b) Der Erfolg des Stanniu's'schen Herzversuches an vergifteten Fröschen.

Heidenhain hat die interessante Thatsache gefunden*), dass wenn die Curarelähmung der Vagi eingetreten und das Herz somit durch

*) S. Allgem. med. Centralzeitung. Berlin. 11. Aug. 1858.

die Reizung der *Medulla oblongata* oder der Vagusstämme selbst nicht mehr zum Stillstand *in diastole* zu bringen ist, sogleich vollkommener Herzstillstand erfolgt, wenn man entweder eine Ligatur zwischen Vorhof und Sinus anlegt oder das Herz in dieser Gegend mit der Schere abschneidet.

Bringt man an dem zur Ruhe gebrachten Herzen eine zweite Ligatur oder einen zweiten Scherenschnitt in der Atrioventricularfurche an, so beginnt die abgeschnürte oder abgeschnittene Herzkammer sofort wieder regelmässig und kräftig zu pulsiren.

Mit einem Worte, es gelingt die beiden Haupterscheinungen des bekannten Stannius'schen Versuchs am Froschherzen eben so gut hervorzurufen, mag der Vagus durch Curare völlig wirkungslos geworden sein oder aber seine normale Wirksamkeit in unverändertem Grade besitzen. Ohne von Heidenhain's Entdeckung etwas zu wissen, habe ich dieselben Thatsachen aufgefunden und im Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften 1863 Nr. 56, in der Meinung sie wären neu, mitgetheilt. An die Mittheilung knüpfte ich jedoch einige Erörterungen, welche das Gelingen des Stannius'schen Versuchs am vergifteten Herzen unter einem neuen Gesichtspunkte erscheinen lassen, welcher Heidenhain entgangen ist, und desshalb komme ich auf den ganzen Gegenstand nochmals zurück. Während Heidenhain nämlich aus seinem Versuche im Gegensatz zu der Ansicht Kölliker's schliesst, „dass die Lähmung der *Vagi* durch das Pfeilgift nicht die peripherischen Nervenenden betrifft" und annimmt, dass entweder beim Vagus die Vergiftung den Stamm betreffe, bei den motorischen Nerven aber die Peripherie, oder dass in beiden Fällen ein der Peripherie nahe gelegenes Stück (also weder das peripherische Ende selbst, noch der Stamm) gelähmt wird; so schien mir der Versuch vielmehr zu beweisen, dass die Vagusfasern keine wesentliche Rolle bei der Hervorbringung der Erscheinungen des Stannius'schen Versuchs spielen — da der Versuch sonst nicht in gewohnter Weise gelingen könnte, wenn die Vagusfasern durch die Vergiftung ganz unwirksam geworden sind. Unter dieser letzteren, zwar unbewiesenen, aber durchaus möglichen Voraussetzung würde das Gelingen des Stannius'schen Versuchs am vergifteten Herzen neue Momente liefern zur Discussion der wichtigen Frage, ob der Vagus auf einen im Herzen liegenden nervösen Hemmungsapparat einfach verstärkend einwirkt, oder ob er die Ganglienthätigkeit direct aufhebt. Denn indem es, wie gesagt, gelingt durch

den Stannius'schen Versuch selbst dann Stillstand des Herzens hervorzurufen, wenn die Vagusfasern vergiftet sind, so gewinnt die Existenz eines hypothetischen Hemmungsapparates im Herzen, zu dem der Vagus in analoger Beziehung stände, wie der motorische Nerv zum Muskel, ganz ungemein an Wahrscheinlichkeit.

Sowie nämlich die directe Reizung der Muskeln, vollkommen durch Curare gelähmter Frösche, die bei der stärksten Reizung ihrer Nervenstämme nicht mehr zucken, die heftigsten Contractionen hervorruft, eben so würde die directe Reizung des hypothetischen Hemmungsapparates, welcher wie die Centralorgane und die sensitiven Nerven der Einwirkung des Giftes verhältnissmässig sehr lange Zeit widersteht, durch den directen Reiz der Stannius'schen Ligatur oder des Scherenschnittes Herzstillstand erzeugen, wenn er auch schon längst nicht mehr durch die Reizung der vergifteten *Vagi* in Bewegung gesetzt werden könnte.

Alle Erscheinungen bei Fröschen, die mit grossen Dosen Curare vergiftet sind, stimmen in der That vollkommen mit der Vorstellung, dass das Verhalten der Vagusfasern zu einem besonderen Hemmungsapparat im Herzen, dem Verhalten der gewöhnlichen motorischen Nerven zu ihren Muskeln ganz analog sei.

Eine Analogie, welche mit der von v. Bezold gefundenen Thatsache — dass die Vagusfasern der Einwirkung kleinerer Dosen Gift, welche zur völligen Lähmung der gewöhnlichen motorischen Nerven eben ausgereicht haben, noch eine halbe bis vier Stunden lang widerstehen — in keinem Widerspruch stände. —

Allein so wie der Bernard-Kölliker'sche Versuch kein absoluter Beweis für die Existenz einer besonderen von den Nerven unabhängigen Muskelirritabilität ist, eben so wenig beweist allerdings das Gelingen des Stannius'schen Versuchs am vergifteten Herzen die Existenz eines besonderen Hemmungsapparates im Herzen, den der Vagus so zu sagen als motorischer Nerv in Bewegung setzt.

Denn in beiden Fällen kann das Bedenken nicht beseitigt werden, ob nicht die letzten Enden der Nerven ungelähmt und wirksam bleiben und ob also nicht nur die Uebertragung der Erregung des Nervenstammes auf diese seine letzten ungelähmten Enden durch die Vergiftung gehindert werde.

Lässt man jedoch dieses, ohnehin mehr als gesuchte Bedenken nicht gelten, so wird ohne die Voraussetzung eines eignen Hemmungsapparates, auf welchen der gereizte Vagus einfach verstärkend und erregend einwirkt, und durch welchen er erst mittelbar den Herzstill-

stand erzeugt, das Gelingen des Stannius'schen Versuchs am vergifteten Herzen geradezu unerklärlich — man müsste denn die Vorstellung für plausibel halten können, dass die Ligatur, der Scherenschnitt unmittelbar dieselbe specifische Wirkung auf die Elemente des Herzens hervorzubringen im Stande sei, die dem Vagus zugeschrieben werden muss, sobald man die Existenz eines besonderen Hemmungsapparates, den der Vagus in Bewegung setzt, überhaupt nicht zugeben will.

Freilich wird durch die Annahme einer Hemmungsvorrichtung das Räthsel der Hemmungserscheinung selbst nicht im Entferntesten gelöst, sondern in jenen Hemmungsapparat nur zurück verlegt, allein wenigstens die Vagusfasern verlieren dann für uns ihre räthselhafte Natur oder „specifische Energie" und fügen sich willig der gangbaren Hypothese von der „Gleichartigkeit der Nerven, welche die verschiedenen physiologischen Leistungen der einzelnen Nerven auf die Organe wirft, welche die Nerven am Centrum und an der Peripherie umgeben." (Ludwig, Lehrb. 2. Aufl. B. I, pag. 114.)

Die besprochenen Thatsachen sind vieldeutiger als ihr erster Entdecker ursprünglich glaubte. Heidenhain sah nur zwei mögliche Ansichten zur Deutung der Thatsachen, ohne sich darüber entscheiden zu können, welche Ansicht mehr für sich hat, „ob diejenige, welche in der Wirkung des Curare auf die motorischen Nerven und ihre Muskeln einen Beweis für die Irritabilität sieht, und dann das Gift auf diese Nerven und den Vagus in entgegengesetzter Weise wirken lässt" (d. h. bei jenen die peripherischen Enden, bei diesem den Stamm lähmen lässt); „oder diejenige, welche die Irritabilität verwirft, um dafür das Gift beiderlei Nerven in derselben Weise, (d. h. an einer der Peripherie nahe gelegenen Strecke, ohne Lähmung der peripherischen Enden selbst, oder der Stämme) afficiren zu lassen."

Meine Erörterungen zeigen, dass die möglichen Consequenzen der Versuche an vergifteten Herzen damit noch nicht erschöpft sind.

Ich stellte eine dritte Ansicht auf, welche auf die ursprüngliche Bernard'sche Hypothese über die Curarewirkung zurück kommt und wie mir scheint, mehr Wahrscheinlichkeit für sich hat, als die beiden ersten, nämlich:

In der Wirkung des Curare auf die motorischen Nerven und Muskeln liegt ein Beweis für die Irritabilität.

Es ist ein sehr gesuchter — wenn auch nicht zu widerlegender — Einwand, dass das Curare nicht den Stamm, nicht die peripherischen

Enden, sondern gerade nur eine der Peripherie nahe gelegene Strecke der Nerven lähmen soll; überdies ist die Existenz der Irritabilität auch aus anderen Gründen mehr als wahrscheinlich.

Das Pfeilgift afficirt beiderlei Nerven in derselben Weise, d. h. es lähmt zuerst die peripherischen Enden und dann erst den Stamm. Für die motorischen Nerven ist es erwiesene Thatsache, dass der Stamm noch lange erregbar bleibt, wenn die Curarelähmung bereits vollständig eingetreten ist. Ist es nicht das Wahrscheinlichste und Einfachste dasselbe für den Vagus anzunehmen?

Aus der fortdauernden Wirksamkeit der Stannius'schen Ligatur bei eingetretener Vaguslähmung, ist daher mit erhöhter Wahrscheinlichkeit auf die wirkliche Existenz eines, schon aus anderen Gründen im Herzen angenommenen, besonderen Hemmungsapparates zu schliessen, welcher durch den Vagus in analoger Weise, wie der Muskel durch den motorischen Nerv, in Bewegung gesetzt wird.

Diese Ansicht erklärt Alles am ungezwungensten und steht überdies im besten Einklang mit der Hypothese von der „Gleichartigkeit der Nerven."

c) Demonstration des Bernard'schen Experiments vermittelst Stromschleifen.

Man brückt das peripherische Ende des durchschnittenen Ischiadicus so über die Elektroden der Inductionsspirale, dass es auf der einen Seite frei herabhängt und zeigt die völlige Wirkungslosigkeit der stärksten Wechselströme bei vollkommener Isolirung des Präparates.

Senkt man dann die Elektroden so weit, dass das frei herabhängende Ende des Nerven die von ihm versorgten Muskeln berührt, so verfallen dieselben sofort in die heftigsten Zuckungen, in Folge der directen Reizung, welcher sie durch die Stromschleifen ausgesetzt sind, welche in die, zwischen Nerv und Muskel gebildete Nebenschliessung hereinbrechen.

Es sieht dann aus wie wenn der vergiftete Nerv auf einmal wieder erregbar geworden wäre, während die Erscheinung nichts als eine gefällige Form des Bernard'schen Experiments ist, nach welchem die Curarevergiftung die Wirksamkeit der motorischen Nerven auf ihre zugehörigen Muskeln aufhebt, die directe Erregbarkeit dieser letzteren aber nicht vernichtet.

II.

Ein Apparat zur Erläuterung der Innervationsvorgänge, welche rhythmisch erfolgende Bewegungen erzeugen und reguliren.

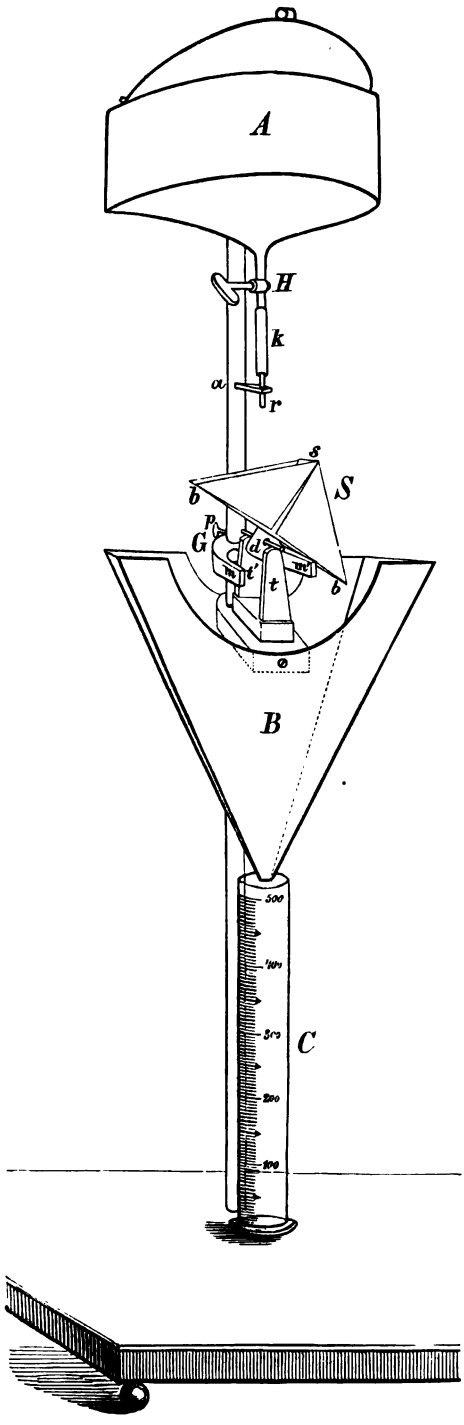
Ich habe mir die Aufgabe gestellt eine leicht herstellbare mechanische Vorrichtung auszusinnen, vermittelst welcher dem Schüler jene Vorstellungen recht anschaulich und verständlich gemacht werden könnten, welche in neuester Zeit namentlich Rosenthal und v. Bezold zur Erklärung der Functionen rhythmisch wirkender automatischer Centralorgane überhaupt und *in specie* jener der Athem- und Herzbewegungen entwickelt haben.

Es gelang mir die gestellte Aufgabe durch den sogleich zu beschreibenden Apparat zu lösen. *)

Ich glaube damit nichts Ueberflüssiges gethan zu haben, denn ich halte diese und ähnliche Vorrichtungen, wie z. B. das Weber'sche Kreislaufschema, das Donders'sche Schema zur Erläuterung der Druckverhältnisse im Thorax, Ruete's Ophthalmotrop, Du Bois' Zinkkupferschema, etc. in didaktischer Beziehung für unentbehrlich und bin überzeugt, dass jeder praktische Lehrer der Physiologie, der es liebt fasslich und anschaulich zu lehren, das Bedürfniss nach derartigen mechanischen Schemata gefühlt haben wird.

---

*) Der Apparat wurde das erste Mal in der Sitzung des Vereins praktischer Aerzte zu Prag vom 25. Nov. 1863 vorgezeigt.



Mein Apparat ist in folgender Weise eingerichtet: (s. Fig. 1).

Fig. 1. Der Apparat zur Erläuterung der Innervationsvorgänge rhythmisch wirkender automatischer Centralorgane.

A Wasserbehälter, *H* Hahn, *k* Kautschukrohr, *r* Glasröhrchen, *a* hölzerner Arm, *S* zweifächeriges Schiffchen, *s* dessen Scheidewand, *b b* dessen Basis, *d* ein an dieselbe befestigter Kork mit Querbohrung, durch welche eine Glasröhre gesteckt ist, *t t'* Träger der Glasröhre, die als Achse dient, um die sich der querdurchbohrte Kork und das Schiffchen drehen, *G* eine hölzerne, durch das Schräubchen *p* an der Stativstange in beliebiger Höhe feststellbare Gabel, *m m'* deren Arme, *B* weiter Holztrichter, *C* graduirter Cylinder.

Unter einem Wasserbehälter *A* mit Hahn *H*, durch dessen Stellung die Abflussmenge des Wassers beliebig regulirt werden kann, befindet sich ein leichtes, um eine horizontale Axe bewegliches Gefäss oder Schiffchen *S*, welches durch eine senkrechte Scheidewand *s* in zwei symmetrische Fächer getheilt ist. Wird die Basis *b b* des Schiffchens horizontal eingestellt, so stehen die Drehungsaxe, die Scheidewand und die Abflussöffnung des Hahns am Wasserbehälter in der senkrechten Medianebene genau übereinander.

Ueberlässt man das zweifächerige Schiffchen sich selbst, so kippt es, je nachdem es das Uebergewicht bekommt, nach der rechten oder der linken Seite um. Damit es jedoch nicht ganz nach unten umschlage und statt der Mündung seiner Fächer, die Basis nach oben kehre, so ist unter demselben eine horizontal gestellte Gabel *G* angebracht, welche an der Stativstange der ganzen Vorrichtung in senkrechter Richtung verschoben und in jeder Höhe durch das Schräubchen *p* fixirt werden kann.

Das umfallende Schiffchen findet auf dem einen oder dem anderen Arm *m m'* der Gabel einen Stützpunkt und gelangt in schiefer Stellung zur Ruhe. Je tiefer die Gabel herabgeschoben wird, desto schiefer stellt sich das Schiffchen, je höher die Gabel steht, desto geringer ist die Schiefstellung.

Oeffnet man den Hahn des Wasserbehältnisses, so kann das Wasser wegen der Schiefstellung des Schiffchens nur in das eine der beiden Fächer fliessen. Es sammelt sich daselbst so lange an bis es dieser Hälfte des Schiffchens das Uebergewicht verschafft. Das Schiffchen kippt endlich um und wird in seiner Bewegung durch den diesseitigen Arm *m* der Gabel in genau derselben aber in entgegengesetztem Sinne schiefen Stellung gehemmt, in welcher es im Beginne des Versuchs durch den jenseitigen Gabelarm *m'* festgehalten wurde.

Das in dem einen Fache angesammelt gewesene Wasser muss wegen der Schiefstellung bis auf den letzten Tropfen abfliessen, während das aus dem Hahn von oben continuirlich zufliessende Wasser in dem anderen Fache sich sammeln muss, weil die Scheidewand der beiden Fächer beim Umkippen des Schiffchens durch die Medianebene schlug. Das Spiel des Umkippens beginnt von neuem in entgegengesetztem Sinne und es dauern die regelmässigen rhythmischen Schaukelbewegungen des Schiffchens mit bestimmter Frequenz und in bestimmter Grösse so lange fort, als das Wasser aus dem Hahn des Wasserbehälters nachfliesst.

Die beim Umkippen des Schiffchens jedesmal entleerten Wassermengen werden in einem graduirten Cylinderglas *C* gesammelt. Zu diesem Ende befindet sich unterhalb des Schiffchens, als letzter Bestandtheil der ganzen Vorrichtung, ein weiter hölzerner Trichter *B* unter dessen Abflussöffnung der graduirte Cylinder steht.

Es ist leicht zu ersehen, wie die beschriebene Vorrichtung für den Eingangs erwähnten didaktischen Zweck verwerthet werden kann.

Das Wasserbehältniss *A* stellt die Quelle des continuirlichen Reizes in einem automatischen Centralorgan vor. Das durch den Hahn abfliessende Wasser versinnlicht die sich fortpflanzende Erregung.

Das zweifächerige Schiffchen *S* repräsentirt die Widerstandsvorrichtungen in den nervösen Apparaten, welche man überall da, wo sich die Innervationswirkung nur in regelmässig rhythmischen Pausen einstellt, annehmen muss, wenn man nicht, auf jeden Erklärungsversuch verzichtend, die rhythmische Thätigkeit als eine specifische „Lebenseigenschaft" der Centralorgane hinnehmen will.

Kann man also vermittelst meiner Vorrichtung die gangbare Vorstellung von der Umsetzung continuirlich entstehender Reize in rhythmisch aufeinanderfolgende Erregungen, d. h. die Erklärung der automatischen, rhythmischen Innervationserscheinungen überhaupt anschaulich machen; so gelingt es nun auch a l l e die Modificationen der rhythmischen Bewegungen im Organismus, wie dieselben durch die sogenannten Hemmungsnerven, durch ihre Antagonisten und durch die Vermehrung der in den automatischen Centralorganen erzeugten Reizquantitäten in Folge der Thätigkeit der „excitirenden Nerven" oder anderer Ursachen bewirkt werden, so wie endlich die Veränderungen der geleisteten Arbeit der rhythmisch thätigen Organe nachzuahmen und handgreiflich wiederzugeben.

Das Auf- und Zudrehen des Hahns *H* am Wasserbehältniss vermehrt und vermindert die zum Schiffchen herabfliessende Wassermenge, welche die im automatischen Centralorgan ausgelöste Reizquantität repräsentirt.

Durch Handhabung des Hahns *H* ist somit die Möglichkeit zur Nachahmung der Wirkungen der Reizung oder Lähmung der sogenannten excitirenden Nerven oder jener Vorgänge überhaupt gegeben, welche die Grösse der ins Spiel kommenden Reizquantität bedingen.

Das höher oder tiefer Einstellen der an der Stativstange senkrecht verschiebbaren zweiarmigen Gabel, welche die Excursionen des Schiffchens limitirt, bewirkt eine geringere oder bedeutendere Schiefstellung des Schiffchens vor und nach dem Umkippen und hierdurch

eine Verminderung oder Vermehrung des Widerstandes, welchen das Schiffchen seinem durch das einseitige Einströmen des Wassers bedingten Umkippen und damit dem Abfliessen des Wassers entgegensetzt.

Durch die senkrechte Verschiebung der Gabel *G* ist somit die Möglichkeit zur Nachahmung der Einflüsse der Reizung und der Lähmung der sogenannten Hemmungsnerven und ihrer Antogonisten gegeben, welche nach der gangbaren Vorstellung keinen directen Einfluss haben auf die Erzeugung des Reizes in den automatischen Centren, wohl aber auf die Vermehrung oder Verminderung der supponirten Widerstände, die der Fortpflanzung der Erregung auf die Endapparate entgegen stehen, und hierdurch nur auf die jedesmal zur Abgleichung kommende oder wirksam werdende Reizquantität.

Der graduirte Cylinder *C* endlich, in welchem der weite Trichter das durch das Schiffchen rhythmisch entleerte Wasser zusammenfliessen macht, erlaubt die, durch jede einzelne Bewegung und die, in der Zeiteinheit durch die rhythmische Thätigkeit des Apparates gelieferte Wassermenge genau zu bestimmen. Durch das Ablesen des Wasserstandes an der Graduirung des Cylinders wird die Arbeitsgrösse des Apparates in ganz analoger Weise gemessen, wie die Herzarbeit durch den Blutdruck, die Athmungsgrösse durch den Stand des Spirometers. Dieses Ablesen dient somit zur Ermittelung des Verhältnisses, in welchem die Frequenz und die Grösse der rhythmischen Bewegungen zu ihrem schliesslichen Nutzeffect stehen. —

Ich will nun die specielle Anwendung meines Schemas besprechen.

a. Zur Nachahmung der Regulirung der Athembewegungen.

Bekanntlich werden die Verschiedenheiten der Athembewegungen in Rhythmus, Zahl und Tiefe etc. wesentlich durch die Thätigkeit des automatischen Respirations-Centrums in der *Medulla oblongata* und durch die Erregungszustände des Vagus und des *N. laryngeus superior* regulirt *).

Die Thätigkeit des Respirations-Centrums in der *Medulla oblongata* wird durch den Oxygengehalt des Blutes bestimmt; Oxygenmangel vermehrt, Steigerung des Oxygengehalts im Blut vermindert jene Thätigkeit.

Durch die Vermehrung der Thätigkeit des automatischen Centralorgans werden die Athembewegungen verstärkt oder wie sich die kli-

*) S. die treffliche Schrift Rosenthal's: Die Regulirung der Athembewegungen in ihren Beziehungen zum *N. Vagus*. *Berlin 1862.*

nische Medicin ausdrückt „dispnoëtisch“ d. h. sie nehmen an Zahl und Tiefe zu; umgekehrt kann es nach Rosenthal's Versuch zur völligen Sistirung der Athembewegungen und Erschlaffung sämmtlicher Athemmuskeln kommen, wenn durch energische und längere Zeit fortgesetzte künstliche Athmung der Oxygengehalt des Blutes über eine gewisse Grenze hinaus gesteigert wird.

Beide diese Zustände lassen sich an meinem Schema nachahmen.

An den rhythmischen Bewegungen, in welche das Schiffchen geräth, wenn der Hahn des gefüllten Wasserbehälters geöffnet wird, lässt sich nämlich die Häufigkeit derselben und die Grösse der bei jedem Umkippen gelieferten Wassermenge eben so unterscheiden, wie an den Athembewegungen die Zahl und die Tiefe. Die in der Zeiteinheit im graduirten Cylinder angesammelte Wassermenge stellt die Athmungsgrösse vor.

In dem Maasse nun als der Hahn aufgedreht wird und die Menge des in der Zeiteinheit zum Schiffchen herabfliessenden Wassers zunimmt, ohne dass sonst etwas an der Anordnung des Schemas geändert wird, nimmt die Frequenz der rhythmischen Bewegungen des Schiffchens zu, weil die zum Umkippen desselben erforderliche Wassermenge durch den vermehrten Zufluss in kürzerer Zeit zusammen kommt.

Zugleich aber wird auch die bei jedem Umkippen, so wie die in der Zeiteinheit entleerte Wassermenge, wie die Ablesung des Wasserstandes am graduirten Cylinder wirklich zeigt, vergrössert sein müssen, weil der während des Umkippens, in das sich füllende Fach zufliessende Wasserüberschuss, welcher so lange wächst, als die Scheidewand der beiden Fächer nicht die Medianebene passirt hat, wegen des vermehrten Zuflusses, ebenfalls grösser geworden ist.

Als Beispiel lasse ich eine am Schema wirklich ausgeführte Beobachtung folgen:

Bei unveränderter Stellung der Gabel ergab:

Grösse der Hahneröffnung.	Zahl der Bewegung des Schiffchens in einer halben Minute.	Gelieferte Wassermenge in *C. C.*	
		in einer halben Minute.	Bei jeder einzelnen Bewegung.
kleinste	10	65	6,5
mittlere	28	192	6,8
grösste (ganze)	54	425	7,1

Das Aufdrehen des Hahns ohne Abänderung der Gabelstellung bewirkt also am Schema den dispnoëtischen Zuständen der Athembewe-

gungen, welche durch steigende Verarmung des Blutes an Oxygen hervorgerufen werden, ganz analoge Veränderungen der rhythmischen Bewegungen und ihrer Arbeitsgrösse.

Wird der Hahn nach und nach zugedreht und die Menge des herabfliessenden Wassers vermindert, so verschwinden die beobachteten Veränderungen der Thätigkeit des Schema ganz ebenso, wie die dispnoëtischen Zustände der Athembewegungen, wenn die Oxygenzufuhr vermehrt wird.

Ist der Hahn endlich ganz zugedreht, so bleibt die Vorrichtung ganz stehen, so wie die Athembewegungen in Rosenthal's Versuch durch die über eine gewisse Grenze fortgesetzte Steigerung des Oxygengehalts im Blut sistirt werden.

„Die Athembewegungen werden erregt durch den Reiz des Blutes auf das respiratorische Centralorgan. Der Uebergang dieser Erregung auf die betreffenden Nerven und Muskeln findet einen Widerstand, durch welchen die stätige Erregung in eine rhythmische Action umgesetzt wird. Dieser Widerstand wird vermindert durch die Einwirkung des *N. vagus*, vermehrt durch die Einwirkung des *N. laryngeus superior*. Der Grad der Thätigkeit des Centralorgans ist abhängig von dem Sauerstoffgehalt des Blutes, die Vertheilung dieser Thätigkeit auf einzelne Respirationen (und dem gemäss die Zahl und Tiefe derselben, bei gleichbleibender Erregung) von der Wirkung jener Nerven." (Rosenthal a. a. O. pag. 256).

1. Die Reizung des Vagus vergrössert die Frequenz der Athemzüge und vermindert deren Tiefe, die Athmungsgrösse jedoch bleibt bei den Säugethieren wesentlich ungeändert. Haben wir unser Schema bei tiefer Gabelstellung in Bewegung gesetzt und schieben die Gabel gegen das Schiffchen empor, so kann sich dasselbe beim Umkippen nur in geringerem Grade schräg stellen und setzt dem einströmenden Wasser einen geringen Widerstand entgegen; bei gleichbleibender Eröffnung des Hahns wird somit die jetzt zum Umkippen des Schiffchens nöthige (geringere) Wassermenge in kürzerer Zeit geliefert werden und die rhythmischen Bewegungen des Schiffchens müssen nun in kürzeren Pausen aufeinander folgen und die bei jeder einzelnen Bewegung ausgeschüttete Wassermenge wird kleiner sein, als früher; die in der Zeiteinheit gelieferte Wassermenge wird aber wesentlich dieselbe bleiben.

Beispiel: Hahnöffnung (mittelgross) constant.

Gabeleinstellung.	Zahl der Bewegung des Schiffchens in einer halben Minute.	Gelieferte Wassermenge in C. C.	
		in einer halben Minute.	bei jeder einzelnen Bewegung.
hoch	54	190	3,5
	46	190	4,1
mittel	28	194	6,9
	28	190	6,7
tief	19	190	10,0
	17	175	10,2

2. Wird durch die Verstärkung der Vagusreizung der Widerstand immer mehr herabgesetzt, so tritt endlich eine stätige Uebertragung der von der *Medulla oblongata* gelieferten Erregung auf die Muskeln ein und dieselben verfallen in tetanische Contraction; die Athmung steht *in inspiratione* still.

Wird die Gabel nach und nach bis an die Basis des Schiffchens emporgeschoben, so dass es horizontal festgestellt, dem continuirlichen Abfluss des Wassers gar keinen Widerstand mehr entgegenstellen kann, so fliesst das Wasser ohne Unterbrechung ab.

3. Zwischen der Vermehrung der Frequenz der Athembewegungen und der tetanischen Contraction der Inspiratoren (Zwerchfell) in Folge von Vagusreizung liegt noch ein dritter Fall — nämlich, wenn bei einer gewissen Grösse der Vagusreizung der Widerstand plötzlich stark vermindert wird, so muss eine mächtige Contraction der Muskeln auftreten, welcher dann eine schwache stätige oder auch rhythmische Thätigkeit derselben nachfolgt.

Um diesen Fall am Schema nachzuahmen, braucht man nur bei relativ kleiner Hahnöffnung und tiefer Gabelstellung durch plötzliches Emporschieben das Schiffchen in dem Momente umschlagen zu machen, wo es dem Umkippen nahe recht stark gefüllt ist und die Gabel ganz, oder mehr oder weniger hoch festzustellen. Es tritt bei diesem Manoeuvre zuerst eine mächtige Entleerung von Wasser ein, welcher wegen der kleinen Hahnöffnung und der Hochstellung der Gabel ein schwacher stätiger oder auch rhythmischer Wasserabfluss nochfolgt.

4. Endlich lässt sich am Schema anschaulich machen, warum die Vagusreizung keine Contractionen des Zwerchfells auslösen kann,

wenn die Athembewegungen durch die über einen gewissen Grad fortgesetzte Steigerung des Oxygengehaltes im Blute sistirt worden sind.

Ist nämlich der Hahn des Wasserbehälters geschlossen und das Schiffchen zur Ruhe gekommen, so sieht man sofort ein, dass das blosse Emporschieben der Gabel (Vagusreizung) kein Abfliessen von Wasser aus dem verschlossenen Behälter und dem entleerten Schiffchen bewirken kann.

5. Was ferner die Folgen der Vagusdurchschneidung angeht, welche wegen der steten tonischen Erregung seiner Fasern mit den Folgen schwächerer Reizung des *N. laryngeus superior* — des Antagonisten des Vagus — wesentlich übereinstimmen, so lassen sich dieselben, so wie die Folgen stärkerer Laryngeusreizung am Schema durch Verschiebung der Gabel nach unten aufzeigen.

Vagusdurchschneidung, wie Laryngeusreizung vergrössert den im respiratorischen Centralorgan angenommenen Widerstand.

Zunächst ist klar, dass Vagusdurchschneidung je nach der vor der Durchschneidung vorhandenen tonischen Erregung seiner Fasern, oder schwächere Reizung des *N. laryngeus superior* die Anzahl der Respirationen vermindern, aber die Tiefe und Energie der einzelnen Athemzüge vermehren müssen, ohne die Respirationsgrösse wesentlich zu ändern.

Wird die Gabel am Schema durch Herabschieben von der Basis des Schiffchens entfernt, so stellt sich dieses letztere schiefer und setzt dem Umkippen einen grösseren Widerstand entgegen. Es ist dann, um das Umkippen zu bewirken, eine grössere Wassermenge erforderlich.

Bei unverändertem Zufluss wird daher eine längere Zeit verstreichen, bis die erforderliche Wassermenge beisammen ist — die Bewegungen des Schiffchens werden seltener werden, dagegen muss jede einzelne Bewegung eine grössere Wassermenge entleeren, und an sich kräftiger ausfallen, da als Triebkraft ein absolut grösseres Uebergewicht ins Spiel kommt. Die in der Zeiteinheit gelieferte Wassermenge (Respirationsgrösse) bleibt wesentlich ungeändert. (Vergl. die oben mitgetheilte Tabelle, pag. 16.)

6. Bei verstärkter Erregung des *N. laryngeus sup.* tritt ein gänzliches Aufhören der Athembewegung ein; die Erschlaffung der Inspiratoren dauert aber nur so lange, bis die fortdauernde Reizung des Centralorgans durch das Blut so mächtig geworden ist, dass sie endlich den vergrösserten Widerstand zu überwinden vermag. Dann erfolgen noch während der Reizung des Laryngeus oder, wenn diese rechtzeitig

unterbrochen wird, nach derselben seltene aber sehr mächtige Athembewegungen.

Man braucht nur die ziemlich hoch eingestellte Gabel rasch nach abwärts zu schieben, um ganz analoge Erscheinungen am Schema hervorzubringen.

Hat man nämlich die Gabel rasch nach unten verschoben, so stellt sich das dem stützenden Gabelarm folgende Schiffchen sehr schräg und bleibt geraume Zeit ganz ruhig stehen, bis sich endlich so viel Wasser in dem betreffenden Fach angesammelt hat, dass es den vergrösserten Widerstand zu überwinden und das Schiffchen von Neuem in Bewegung zu setzen vermag.

Die ausgelösten Bewegungen sind aber dann auch sehr kräftig und die jedesmal entleerten Wassermengen sehr bedeutend.

7. Die Contractionen exspiratorischer Muskeln, welche sich bei noch mehr verstärkter Reizung des *Laryngeus sup.* zu der vollständigen Erschlaffung der Inspiratoren gleichzeitig hinzugesellen können, lassen sich am Schema schon desshalb nicht darstellen, weil bei der Construction desselben keine Rücksicht auf die beiden antagonistischen Categorien der Athemmuskeln (In- und Exspiratoren) und auf ihre ganz oder theilweis getrennten Innervationsvorrichtungen, genommen worden ist.

b) Zur Nachahmung der Innervation des Herzens.

In derselben Weise wie die Verschiedenheiten der Athembewegungen, können auch die ganz analogen Erscheinungen des Herzschlages und Blutdrucks bei modificirter Innervation der Herznerven an dem Schema demonstrirt werden.

Zur detaillirten Erläuterung der von v. Bezold über die Innervation des Herzens entwickelten Vorstellungen *) dürfte die wirkliche Nachahmung der Erscheinungen am Schema ein entschieden eindringlicherer Behelf sein, als das von v. Bezold zu demselben Zwecke herbeigezogene Bild von der Dampfmaschine mit veränderlicher Dampftension und Ventilspannung.

v. Bezold sagt a. a. O. II. Abth. pag. 306:

„Denken wir uns den Fall, dass Vagus und Rückenmark auf's Herz nicht einwirken.“

*) S. v. Bezold: „Unters. über die Innervation des Herzens.“ Leipzig, Engelmann 1863. I. u. II. Abthlg. Sollten sich diese Vorstellungen auch nicht in ihrer ganzen Ausdehnung bestätigen (vgl. Goltz, Ludwig u. Thiry), — zur Erläuterung der von v. Betzold sichergestellten Thatsachen wird mein Schema immer geeignet bleiben.

„Zwischen dem Ursprunge der Herzganglien und ihrem Ende in der Muskulatur werden von Zeit zu Zeit Abgleichungen geschehen, deren jede eine Contraction erzeugt. In der Bahn, die zwischen den motorischen Herzganglien und der Muskulatur des Herzens liegt, müssen wir uns normale Widerstände vorstellen, welche auch nach Fortfall der Vagusthätigkeit immer eine gewisse Hemmung der Reizabgleichungen zwischen motorischem Centrum und Herzmuskel bedingen."

„Die Annahme solcher Ventile, solcher Widerstände, würde jedenfalls die normalen rhythmischen Contractionen des Herzens erklären. In der Ganglienmasse des Herzens wird fortwährend Reiz producirt. Dieser gleicht sich aber immer erst ab, er gelangt immer erst dann zum Herzmuskel, wenn der in seinem Wege liegende Widerstand überwunden, wenn gleichsam das Ventil geöffnet wird, auf welches die Erregung proportional ihrer Stärke drückt. Bei aufgehobener Vagus- und Rückenmarksthätigkeit wird in der Zeiteinheit wenig Reiz im Herzganglion producirt. Dieser Reiz gleicht sich trotzdem in relativ kleinen Pausen ab." . . „Es rührt dies her von der geringen Spannung des Ventils, von dem ungemein kleinen Widerstande, der auf dem Wege zwischen Reiz und Herzmuskel bei ruhenden oder gelähmten Vagusendigungen liegt. Desshalb sind die Quantitäten der Reizung, welche zur Oeffnung des Ventils hinreichen, so gering, dass die einzelnen Pulsationen ungemein schwach ausfallen. Die Herztöne sind unhörbar, die elektrische Veränderung des Herzmuskels bei der Contraction ist sehr klein; die Herzarbeit, die sich in der Höhe des arteriellen Blutdruckes kund gibt, wird so gering, dass sie auf die Dauer nicht mehr hinreicht, um das normale Leben der Säugethiere zu erhalten."

Diesen Zustand des Herznervensystems imitiren wir am Schema, wenn wir die Gabel hoch stellen und den Hahn nur wenig öffnen. Die Bewegungen oder Pulsationen des Schiffchens werden relativ häufig aber sehr schwach sein, und die in der Zeiteinheit erreichte Wasserhöhe im graduirten Cylinder, in welcher sich die hier geleistete Arbeit — wie die Herzarbeit in der Höhe des arteriellen Blutdruckes — kund gibt, wird eine geringe sein und sehr langsam wachsen. Bringt man eine Abflussöffnung am Boden des Cylinders an oder versenkt man in das Gefäss den einen Arm eines Hebers — wodurch das sich ansammelnde Wasser mit bestimmter beliebig veränderlicher Geschwindigkeit wieder abfliesst, so kann man auch die Erscheinungen des Sinkens und Steigens des arteriellen Blutdruckes, wie es die verschiedenen Innervationszustände des Herzens etc. bedingen, völlig anschaulich machen.

A. a. O. pag. 307 heisst es:

„Wir reizen nun das excitirende System des Herzens, das Rückenmark."

„Indem wir dieses thun, führen wir dem im Herzen liegenden Gangliensystem eine Menge von Erregung zu. Mit der Reizung des Rückenmarks proportional steigt bis zu einem gewissen Punkte die im Herzen erzeugte Quantität der Erregung für den Herzmuskel."

„Die Widerstände, die zwischen dem Gangliensystem und dem Muskel des Herzens liegen sind aber ungeändert."

„Dies hat zunächst zur Folge, dass die in der Zeiteinheit in grösserer Quantität erzeugte Erregung die Widerstände öfter überwinden wird, d. h. die Frequenz der Pulsationen nimmt zu.... Weiter aber wird eine jede von den nun sich abgleichenden Erregungen viel stärker sein, als früher, da immer erst, nachdem eine grosse Erregungsquantität zum Herzmuskel gegangen ist eine kurze Zeit eintritt, wo der schwache Widerstand im Nerven der im Gangliensystem übrig gebliebenen Erregung das Gleichgewicht hält." .....

Durch stärkeres Oeffnen des Hahns am Wasserbehältniss wird die Menge des zum Schiffchen herabfliessenden Wassers vergrössert, während die Gabel in ihrer früheren Stellung bleibt. In Folge dessen nimmt die Frequenz der Pulsationen des Schiffchens zu, jede einzelne derselben erfolgt mit grösserer Kraft und entleert auch eine grössere Wassermenge, weil der während des Umkippens in das sich füllende Fach des Schiffchens zufliessende Wasser überschuss, welcher so lange wächst, als die Scheidewand der beiden Fächer nicht die Medianebene passirt hat, durch den vermehrten Zufluss grösser geworden ist. Die im graduirten Cylinder in der Zeiteinheit zusammenfliessende Wassersäule ist hoch und steigt rasch.

A. a. O. pag. 307 heisst es weiter:

„Wir reizen das regulatorische System, den Vagus, bei gelähmtem (durchschnittenem) Rückenmark."

„Die Quantität der in der Zeiteinheit erzeugten Erregung ist sehr gering, der Widerstand, der zwischen Ganglion und Muskel eingeschaltet ist, wird vergrössert, und zwar proportional der Reizung des Vagus. Es wird also sehr leicht sein, in diesem Falle einen lange andauernden Herzstillstand zu erzeugen. Es zeigt sich in der That bei den Versuchen .... dass der Tonus des Vagus nach durchschnittenem Rückenmarke die Herzschläge entweder zum Stillstand bringt oder beträchtlich verlangsamt. Es zeigt sich ferner, dass die elektrische Erregung

der peripherischen Vagusenden wieder unter übrigens gleichen Umständen den Herzschlag mehr verlangsamt und auf längere Zeit hemmt bei gelähmtem als bei thätigem motorischen System.“ . . .

Schieben wir die Gabel nach unten, so erzeugen wir einen um so länger dauernden Stillstand des Schiffchens und eine um so beträchtlichere Verminderung der Frequenz seiner Pulsationen je weniger der Hahn aufgedreht ist, je weniger also in der Zeiteinheit Wasser zu dem Schiffchen herabfliesst. Zugleich wird unter übrigens gleichen Umständen mit der Vermehrung des Widerstandes die durch jedes einzelne Umkippen des Schiffchens entleerte Wassermenge grösser.

A. a. O. pag. 308 heisst es endlich:

„Reizen wir das excitirende Nervensystem und den Vagus gleichzeitig.“

„Die Quantität der in der Zeiteinheit vom Ganglion gelieferten Reizung ist gross. Der Widerstand im Nerven zwischen Ganglion und Muskel ist ebenfalls gross. Hieraus folgt, dass zuerst bei voller Thätigkeit des unermüdeten Vagus längere Zeiten eintreten, wo trotz der starken Erregung, die im Ganglion wirkt, kein Reiz zur Muskulatur kommt. Erfolgt aber einmal eine Durchbrechung des Widerstandes, so ist auch die Grösse der Erregung, und in Folge dessen die Contractionsgrösse sehr bedeutend. Daher der Stillstand des Herzens bei gleichzeitiger Rückenmarks- und Vagus-Reizung im Anfang, daher ferner die seltenen und kraftvollen Schläge, die bei allmäliger Ermüdung des Vagus auftreten, daher endlich die Beschleunigung der Pulsationen und das Wachsen des Blutdrucks bei den fortwährend starken Erregungen und allmälig sich vermindernden Widerständen, wegen der Ermüdung des Vagus.“

Wird gleichzeitig mit dem Aufdrehen des Hahnes (Rückenmarksreizung) die Gabel rasch nach unten verschoben (Vagusreizung), so tritt Stillstand des Schiffchens und seiner rhythmischen Entleerungen ein; die im graduirten Cylinder stehende Wassersäule (Blutdruck) sinkt — in Folge des mangelnden Zu- und continuirlichen Abflusses durch den Heber fortwährend.

Schiebt man nun die Gabel stetig und langsam in die Höhe (Vagusermüdung) ohne den Zufluss aus dem weit geöffneten Hahn zu vermindern (fortdauernde, wirksame Rückenmarksreizung), so treten zuerst die seltenen, aber kraftvollen und grossen Pulsationen auf, welche allmälig frequenteren, aber etwas weniger grossen Pulsationen Platz machen, wobei trotz des constanten Abflusses durch die Heberröhre die

Wassersäule im Cylinder (Blutdruck) wieder rasch ansteigt und schliesslich ihr Höhen-Maximum erreicht.

Dass und „warum das Integral der Herzarbeit bei gleichzeitiger Erregung von Vagus und Rückenmark in der Zeiteinheit bei relativ seltenem Pulse grösser sein kann, als bei gelähmtem Rückenmark und gleichzeitiger Vaguslähmung“ lässt sich schliesslich auch noch an unserem Schema zeigen und erklären.

Ich erhielt z. B. bei relativ hoher Gabelstellung und kleiner Eröffnung des Hahnes (also bei gleichzeitiger Lähmung von Vagus und Rückenmark).

Pulsationen des Schiffchens in $^1/_2$ Min.	Gelieferte Wasser-Menge in C. C.	
	in $^1/_2$ Min.	bei jeder einzeln. Pulsat.
16	50	3·1
26	80	3·0

Dagegen fand ich bei Vergrösserung der Hahnöffnung und tieferen Gabelstellung (also bei gleichzeitiger Reizung des Rückenmarks und Vagus).

Pulsationen des Schiffchens in $^1/_2$ Min.	Gelieferte Wasser-Menge in C. C.	
	in $^1/_2$ Min.	bei jeder einzeln. Pulsat.
13	170	13·0
11	157	14·2

Das Mitgetheilte dürfte vollkommen genügen um die Brauchbarkeit meiner schematischen Vorrichtung zu dem angegebenen didaktischen Zwecke ersichtlich zu machen.

Bezüglich der Anfertigung und Ausführung der Vorrichtung mit den einfachsten Mitteln bemerke ich nur noch, dass ich bei meinem ursprünglichen Modell das Schiffchen, um es von möglichst geringem Gewicht herzustellen, aus zwei länglich 4eckigen, dünnen Brettchen und geöltem Papier verfertigte.

Das eine 5 Zoll lange Brettchen, welches auf seiner oberen Fläche von der Mitte gegen die beiden Enden hin abschüssig zugehobelt war, bildete die Basis, das zweite halb so lange Brettchen, wurde mit seinem unteren dickeren Ende in die Mitte der oberen Fläche der Basis senkrecht eingefügt und wurde zu der nach oben scharfrandigen Scheidewand der beiden zu bildenden Fächer. Die Seitenwände der Fächer bestanden aus 3eckigen geölten Papierstücken, welche auf die Seitenränder der Brettchen wasserdicht aufgeklebt wurden.

In der Mitte der untern Fläche der Basis ward ein querdurchbohrter Korkstöpsel festgeleimt, dessen Bohrung ein Stück einer Glasröhre enthielt, durch welche ein Glasstab gesteckt wurde, der als Drehungsachse des Schiffchens diente.

So entstand ein wasserdichtes, ungemein leichtes und um eine horizontale Axe leicht bewegliches Gefäss, welches in jedem seiner beiden symmetrischen Fächer circa 20 C.C. Wasser aufnehmen konnte. Die quere Bohrung des Korkes und die hindurchgesteckte von zwei Holzklötzchen getragene Glasaxe befanden sich genau in der Halbirungsebene unterhalb der senkrechten Scheidewand.

Die zweiarmige Gabel wurde aus hartem Holz verfertiget. Das breite niedrige Wassergefäss war von Blech und hatte einen Messinghahn. Damit der Hahn blos zur Regulirung der abfliessenden Wassermenge diene und nicht auch zum einfachen Verschliessen und Oeffnen des Wasserbehälters verwendet werden müsse, was bei vergleichenden Messversuchen von grossem Vortheil ist — so befestigte ich an denselben ein Kautschukrohr (*k*) mit Quetschhahn, in dessen Abflussöffnung ein Glasröhrchen (*r*) stack, welches durch einen hölzernen von der Stativstange abgehenden Arm (*a*) genau in der Mitte über dem Schiffchen fixirt wurde. Durch diese Anordnung ist es möglich, beliebig viele Bestimmungen bei genau derselben Zuflussmenge hintereinander zu machen, indem man den Quetschhahn stets völlig öffnet, wenn man den Apparat zur bestimmten Zeit in Gang setzen will, den einmal eingestellten Messinghahn aber nicht mehr zu berühren braucht.

Es versteht sich von selbst, dass sich der ganze Apparat leicht in dauerhafterer und eleganterer Weise ausführen lässt, wobei dann auch statt des Kautschukrohres mit dem Quetschhahn ein zweiter (unterer) Messinghahn anzubringen wäre, und der (obere) Hahn und die Stange, an welcher die Gabel (vermittelst eines Triebes) verschoben wird, eine feinere Eintheilung erhielten etc. Ich habe es jedoch vorgezogen, das einfachste, mit Hilfe meines Dieners selbst verfertigte Modell zu beschreiben und abzubilden, um zu zeigen, dass Jedermann — selbst bei den beschränktesten Mitteln — seine physiologische Lehrmittelsammlung mit einer solchen Vorrichtung bereichern kann.

III.

Sphygmische Studien *).

A. Von der Photosphygmographie.

Seit Vierordt, der vor beinahe 10 Jahren zuerst mit der graphischen Darstellung des Arterienpulses am Menschen hervortrat, und seinen Sphygmographen nicht nur am Gesunden, sondern auch am Kranken angewendet hatte, wurde die neue Methode zur genaueren Untersuchung des Pulses wohl in den Lehrbüchern der Physiologie ihrem wahren Werthe nach gewürdigt, konnte sich aber wegen der ihre Anwendung sehr erschwerenden unbequemen Nebenbedingungen am Krankenbette keinen Eingang in die Kliniken und die ärztliche Praxis verschaffen.

Es ist das unläugbare Verdienst meines Freundes Marey in Paris die allgemeine Aufmerksamkeit auf die Bedeutung der Vierordt'schen Erfindung zurückgelenkt und einen kräftigen Impuls zur endlichen Einführung der Sphygmographie in die Praxis gegeben zu haben.

Durch die Construction eines neuen, in der Anwendung verhältnissmässig bequemen, sehr compendiösen Sphygmographen und durch die Herstellung und Veröffentlichung zahlreicher pathologischer Pulscurven, hat Marey Das in grösserem Maassstabe erreicht, was sein deutscher Vorgänger — der eigentliche Begründer der Sphygmographie, bereits lange vor ihm ausgeführt und angestrebt hatte.

---

*) Unter dieser Bezeichnung, welche ich dem Titel eines von Vierordt (Lehre vom Arterienpulse, p. 2) citirten, 1555 in Basel erschienenen Werkes: „*Sphygmica ars*“ von dem Posener Arzt Joseph Struth, entlehnte, habe ich bereits einige vorläufige Bemerkungen über mehrere der hier behandelten Gegenstände veröffentlicht (s. Sitzber. d. k. Ak. d. Wiss. zu Wien, B. XLVII p. 438).

Von der ganz besonderen und dringend gebotenen Sorgfalt, welche Vierordt verwandte, um die im Apparat selbst liegenden Fehlerquellen zu beseitigen, und zuverlässige Pulsbilder zu gewinnen, hatte Marey jedoch keine genügende Vorstellung *) und glaubte allen Anforderungen genügt zu haben als er das, allerdings unglückliche Prinzip der Verwendung eines leicht beweglichen, verschieden zu belastenden Fühlhebels von relativ ungeheuer grosser Masse aufgab und dafür eine starke, mehr oder weniger gespannte Feder verwendete, deren Bewegungen durch einen möglichst leicht gearbeiteten Schreibhebel vergrössert und graphisch fixirt wurden.

Während Vierordt's Princip, trotz der von demselben Autor zuerst und leidenschaftlich geführten Opposition gegen das Haemodynamometer, und der an diesem Instrument gemachten Erfahrungen, nach Dr. Mach's**) treffender Bemerkung, „vom Standpunkt der Mechanik betrachtet", genau dasselbe ist, auf welchem das Haemodynamometer beruht; so liegt der Marey'schen Feder allerdings ein neuer und glücklicher Gedanke, dessen Priorität übrigens Vierordt selbst gebührt ***) zu Grunde. Dennoch sind die Curven, welche der Marey'sche Sphygmograph liefert, wahrscheinlich auch nicht der genaue Ausdruck des Gesetzes, nach welchem die Pulsbewegungen erfolgen.

Die Marey'schen Pulscurven weichen von der Vierordt'schen hinsichtlich zweier Hauptverhältnisse wesentlich ab.

Erstlich zeigt sich eine im Verhältniss zur Contractionszeit auffallend kürzere Expansionszeit der pulsirenden Arterie und zweitens erscheint an jedem Pulsbilde fast constant ein oft so bedeutender Dicrotismus, dass es Wunder nehmen muss, dass dem Tastsinn selbst in diesen Fällen auch nicht die Spur desselben wahrnehmbar wird.

Die Differenzen in den beiden Pulsbildern beweisen, dass in einer oder in beiden Arten von Sphygmographen, vermittelst welcher die Bilder gewonnen werden, Cardinalfehler der Construction stecken müssen,

---

*) Selbst in seinem neuesten ausführlichen Werke *(Physiologie médicale de la circulation du sang, Paris 1863)* ist Marey noch nicht der geringste Zweifel an der Zuverlässigkeit seines Sphygmographen aufgestiegen, und er verwendet zu seinen Untersuchungen mit der naivesten Arglosigkeit die verschiedensten *„appareils enregistreurs"*, ohne den Werth ihrer Anzeigen vorher geprüft zu haben

**) Wiener med. Jahrb. 1862, Heft 4. „Zur Theorie der Pulswellenzeichner."

***) Vierordt's Lehre vom Arterienpuls, pag. 36.

denn da beide Pulsbilderformen unmöglich gleichzeitig richtig sein können, so kann nur eine derselben richtig sein, wenn nicht etwa beide in grösserem oder geringerem Grade falsch sind.

Der letzte Fall ist unbedingt der wahrscheinlichste. Die Anzeigen solcher Pulswellenzeichner können nämlich den Lumenänderungen der Arterie, wie selbe unter natürlichen Verhältnissen beim Durchgange der Pulswelle eintreten, wie *a priori* klar ist, niemals absolut genau entsprechen.

Denn ein nie ganz ohne Reibung schreibender Fühlhebel, von einiger (selbst bei Marey's Instrumente nicht zu vernachlässigender) träger Masse wird nothwendiger Weise gewisse Unrichtigkeiten in die verzeichnete Curve einführen. Ueberdies ist die Veranstaltung, durch welche der Fühlhebel den Bewegungen der Arterie zu folgen gezwungen wird, weder bei Vierordt's, noch bei Marey's Instrument ganz vorwurfsfrei zu nennen.

Während sich bei ersterem der Fühlhebel durch die eigene Schwere an die Arterienwand andrückt und hiedurch in unverändertem Contact mit derselben erhalten werden soll, empfängt die Impulse der Arterie, bei letzterem, zunächst eine starke elastische Feder, welche auf die Arterie drückt, und mit welcher der Fühlhebel durch seine Schwere und den Druck einer zweiten zarteren Feder in Berührung steht.

Um zu entscheiden, ob die Vierordt'schen oder die Marey'schen Pulsbilder der Wahrheit näher kommen, hatte ich schon vor mehreren Jahren an ein neues sphygmographisches Verfahren gedacht, welches frei von jedem Einwande die Bewegungen der Arterienwand mit absoluter Genauigkeit verzeichnen sollte. Die erhaltenen, unzweifelhaft wahren Pulsbilder wollte ich dann mit den Vierordt'schen und Marey'schen vergleichen, um endgiltig über den Werth der beiden letzteren entscheiden zu können.

Ich habe schon a. a. O. (pag. 439) mitgetheilt, dass dieses Verfahren „nur in der Benützung eines Fühlhebels bestehen könne, der die drei Eigenschaften besitzen müsse, nämlich“:

1. „vollkommen gewichtlos zu sein“,
2. „ohne irgend welche Reibung zu schreiben“ und endlich
3. „ohne die geringsten Veränderungen der natürlichen Verhältnisse der pulsirenden Arterie an derselben applicirbar zu sein.“

Ich habe ferner a. a. O. mitgetheilt, dass ich die Lösung dieser

unmöglich scheinenden *) Aufgabe in der „Benützung der Lichtstrahlen als Fühlhebel“ und der sog. instantanen Photographie gefunden zu haben glaube.

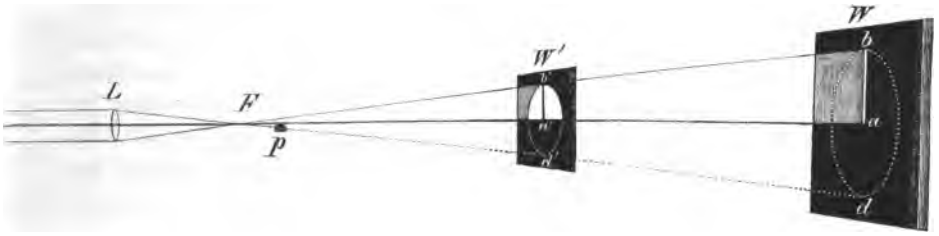
Die Strahlen des Lichtes vereinigen in der That alle geforderten Eigenschaften; sie sind gewichtlos; sie schreiben momentan und ohne jedwede Reibung auf dem hierzu präparirten Collodiumhäutchen eines photographischen Apparates; wird der photographische Apparat so eingerichtet, dass die collodirte Platte durch ein Uhrwerk, wie beim Marey'schen Sphygmographen, sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit in horizontaler Richtung verschiebt, so müssen die Lichtstrahlen die Curve ihrer Bewegung genau verzeichnen; die Lichtstrahlen sind endlich auch gleichsam als Fühlhebel applicirbar, ohne die natürlichen Verhältnisse der sicht- und fühlbaren Pulsbewegungen der blossgelegten Arterienwand oder ihrer sie deckenden Umgebung irgendwie zu verändern.

Hinsichtlich der Application der Lichtstrahlen zu dem fraglichen Zwecke bieten sich zwei verschiedene Wege dar, auf welchen die Benützung träger Massen ganz vermieden wird.

Erstlich könnte man die Bewegungen von intensiven punktförmigen Lichtreflexen, die bei directer Sonnenbeleuchtung leicht von selbst auf den pulsirenden Oberflächen entstehen, in vergrössertem Maassstab photographiren. Zweitens könnte man die Bewegungen eines Punktes des vergrösserten Schattenrisses der pulsirenden Theile photographiren. Dies wäre so zu bewerkstelligen, dass man die Lichtstrahlen durch eine convexe Linse sammelte und den pulsirenden Theil nahe am Focus in den convergirenden oder divergirenden Strahlenkegel brächte. Es sei in Fig. 2, *L.* eine Glaslinse, welche die parallelen Sonnenstrahlen (aus

Fig. 2.

Zur Erläuterung des photosphygmographischen Verfahrens.



*) „Allen und jeden Einfluss der Trägheit bei den schwingenden Hebelarmen zu eliminiren, das ist freilich, da wir aus Materie unsere Apparate bauen müssen, nicht möglich.“ (Vierordt. Lehre v. Arterienpuls, pag. 40.)

denen man durch ein entsprechendes Medium die Wärmestrahlen ausgeschieden hätte) im Brennpunkte F vereinigt und dann divergirend auf den Schirm W fallen lässt. Befände sich nun nahe bei oder hinter F der opake pulsirende Theil p, so würde der grosse Zerstreuungskreis auf dem Schirm W zum grossen Theil von dem vergrösserten Schattenriss von p verdunkelt werden und die pulsirenden Bewegungen von p müssten im vergrösserten Maassstabe an dem Contour des Schattenrisses erscheinen. Die Lichtstrahlen stellen dann so zu sagen Fühlhebel vor, deren Umdrehungsaxe durch F geht. Befände sich nun noch ein zweiter Schirm W^1 mit einer schmalen Spalte ($a^1\ b^1$) zwischen F und W, so würde derselbe den ganzen Zerstreuungskreis auf dem Schirme W bis auf einen schmalen verticalen Lichtstreifen ($a\ b$) abfangen.

Dieser Lichtstreif, welcher einerseits (b) von der Peripherie des Zerstreuungskreises, andererseits (a) vom auf und abbewegten Contour des Schattenrisses des pulsirenden Theiles p begrenzt ist, muss sich demgemäss genau synchronisch mit diesen Pulsationsbewegungen verlängern und verkürzen und die Curve derselben auf der vorübergeschobenen Collodiumplatte eines photographischen Apparates verzeichnen, welche sich statt des Schirmes in W zu befinden hätte.

Wenn ich meine a. a. O. angedeuteten Ideen zur Begründung der optischen Sphygmographie oder Photosphygmographie und zur exacten Ermittelung der wahren Pulsbilderformen durch diese neue, völlig vorwurfsfreie selbstregistrirende Methode, hier nochmals etwas ausführlicher mitgetheilt habe, ohne zugleich schon Resultate dieser Technik vorlegen zu können, so geschah dies um anzuzeigen, dass ich meine Bemühungen in dieser Richtung keineswegs fallen gelassen oder aus den Augen verloren habe.

So lange die Photosphygmographie keine vollendete Thatsache ist, wird man hinsichtlich der Beurtheilung des Werthes der Anzeigen des Vierordt'schen, des Marey'schen Sphygmographen etc. auf eine eingehende theoretische und experimentelle Kritik dieser Pulsmaschinen beschränkt bleiben, bei welcher es sich, wie ich im Gegensatze zu Vierordt *) behaupten muss, eben so wohl „um das handelt, was dieselben ausserhalb des Körpers leisten, als wie sie sich speciell den Pulsbewegungen gegenüber verhalten."

Es ist in kritischer Beziehung bereits Manches, durch Vierordt selbst und besonders durch Dr. Mach geleistet worden, doch will es

*) S. dessen Artikel: Die Anforderungen an den Sphygmographen.

mir scheinen als ob die Sache noch lange nicht zu einem völlig befriedigenden Abschluss gelangt wäre.

Einen Beitrag zur Experimentalkritik der Pulswellenzeichner beabsichtige ich später einmal zu liefern.

Hier will ich nur noch bemerken, dass ich nicht glaube, dass die Photosphygmographie bestimmt ist die mechanischen Pulswellenschreiber *in praxi* zu verdrängen, sondern vielmehr nur dazu den wahren Ausdruck des Gesetzes zu finden, nach welchem die Pulsbewegungen erfolgen, und den Grad der Zuverlässigkeit der, durch die mechanischen Sphygmographen gelieferten Pulsbilder endgiltig zu bestimmen.

B. Vom Pulsspiegel.

Der naheliegendste der übrigen, die Verwendung träger Massen nicht ganz umgehenden Wege die Lichtstrahlen gleichsam als Fühlhebel an den pulsirenden Arterien zu appliciren, um deren Bewegungen in vergrössertem Maassstabe sichtbar zu machen, führte mich zu der Construction des „Pulsspiegels", über welchen ich zuerst in der Sitzung der Gesellschaft der prakt. Aerzte zu Prag, vom 8. Jänner 1862, und dann bei der Naturforscherversammlung in Carlsbad (Herbst 1862) vorläufige Mittheilungen machte.

Der Pulsspiegel ist nichts weiter als ein kleiner, dünner Planspiegel, der an die pulsirende Arterie so angelegt wird, dass er ihren Lumenveränderungen, ohne dieselben irgendwie zu beeinträchtigen oder zu alteriren, mit grösster Präcision folgt.

Die unter einem beliebigen Winkel direct oder von einem verstellbaren Beleuchtungsspiegel auf denselben geworfenen Lichtstrahlen der Sonne oder einer hinreichend concentrirten künstlichen Lichtquelle werden reflectirt und entwerfen ein Lichtbild, welches auf eine entfernte Wand oder einen Schirm, in einen photographischen Apparat oder unmittelbar in das Auge des Beobachters fällt. Jede Bewegung der Arterienwand theilt sich dem Pulsspiegel mit, und wird in vergrössertem Maassstab durch das Lichtbild wiedergegeben.

Handelt es sich blos um demonstrative Zwecke, so genügt es, einen beliebigen kleinen Planspiegel, etwa einen aus der Fassung gefallenen Kehlkopfspiegel, mit dem Finger gegen die pulsirende Arterie anzudrücken und das Lichtbild auf einen Schirm oder die gegenüberliegende Stubenwand zu projiciren.

Beim Anlegen des Spiegels verfährt man am besten so, dass man den Puls zuerst in gewöhnlicher Weise aufsucht, und dann den Rand

des Spiegels, mehr oder weniger tief, zwischen den tastenden Finger und die pulsirende Arterie einschiebt. Es gelingt dann leicht jene Stellung und Druckrichtung des Fingers zu finden, bei welcher der Spiegel in deutliche Bewegungen durch die Pulsationen der Arterie versetzt wird.

Je nachdem die Arterie diesseits oder jenseits des durch den aufgelegten Finger fixirten Theiles des Spiegels zu liegen kommt, erhält man mit jeder Expansion der Arterie entweder eine Hebung oder Senkung des unbedeckten Spiegeltheils, welcher bei jeder Contraction der entgegengesetzten Bewegung folgt. Das Pulsspiegelbild auf der Wand bewegt sich demgemäss während des Ablaufs jeder Pulswelle in gerader Linie zuerst nach abwärts und dann nach aufwärts oder umgekehrt.

Um aus dieser einfachen oscillatorischen Bewegung in einer verticalen Linie eine der Vierordt-Marey'schen analoge Pulscurve zu erhalten, habe ich das vom Pulsspiegel kommende Lichtbild mit einem zweiten Spiegel aufgefangen, welcher sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit um eine verticale Axe drehte, und erst von diesem auf die Wand fallen lassen. Das Lichtbild bewegte sich dann in einer den Pulsationen entsprechenden Curve in horizontaler Richtung von einem Ende der Wand zum andern.

Es versteht sich von selbst, dass der Körpertheil, in welchem die untersuchte Arterie verlauft, gehörig fixirt und dass der drückende Finger möglichst ruhig gehalten werden muss. Eine rein mechanische Befestigung des Spiegels an der Arterie ist in dieser Beziehung zwar entschieden vorzuziehn, allein bezüglich der Genauigkeit der Uebertragung der Pulsationsbewegungen der Arterie auf den Spiegel lässt die an allen Köpertheilen bequeme Anwendung des Fingerdruckes nicht viel zu wünschen übrig. Ich habe desshalb auch zunächst eine den Fingerdruck möglichst nachahmende mechanische Befestigungsvorrichtung (s. Fig. 3) ersonnen und kann dieselbe empfehlen.

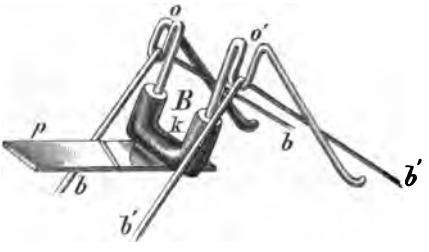


Fig. 3.

Befestigung des Pulsspiegels *p*, durch den Drahtbügel *B*, dessen mittlerer Theil mit einer Kautschukröhre *k* bekleidet ist. Die straffgespannten Bänder *bb* u. *b' b'* ruhen in den Oesen *o* u. *o'* des Bügels und drücken denselben fest an die Haut.

Sie besteht aus einem Drahtbügel, auf dessen mittleren Theil eine

dickwandige Kautschukröhre geschoben ist. Die beiden winkelig gebogenen Schenkel des Drahtbügels besitzen Oesen, in welche die Haltebänder zu liegen kommen. Der mit Kautschuk überzogene Theil des Bügels wird auf die Arterie gesetzt und durch zwei Bänder oder Kautschukringe, die mehr oder weniger angespannt, um das Körperglied gelegt werden und in den Oesen der Bügelschenkel ruhen, mit beliebiger Kraft angedrückt, und daselbst fixirt. Der Pulsspiegel wird dann mehr oder weniger tief zwischen das Mittelstück des Bügels und die pulsirende Arterie eingeschoben.

Statt den Pulsspiegel an der Arterie einfach durch den Druck des Fingers oder des Drahtbügels beweglich zu fixiren, habe ich auch versucht denselben wie einen gewöhnlichen Fühlhebel zu construiren und zu befestigen.

Ich liess den Pulsspiegel zwischen zwei Stahlspitzen, welche an den Enden der Arme einer Messinggabel eingeschraubt waren, in der Art fassen, dass sich derselbe leicht und sicher um die Verbindungslinie der Stahlspitzen, als horizontale Axe, drehen konnte. Die Drehungsaxe kam entweder genau in die Mitte oder näher an das eine Ende des Spiegels zu liegen und es entstanden so zwei Hebelarme von gleicher oder ungleicher Länge. Die die Axe tragende Messinggabel wurde nun so in der Nähe der pulsirenden Arterie aufgesetzt, dass die Axe parallel mit dem Verlauf der Arterie ging und der eine oder der andere der Hebelarme die Pulsationen empfangen musste. Die Messinggabel wurde entweder mit der Hand festgehalten oder in ein Messingsäulchen festgeklemmt, welches an einer Metallplatte mit Band und Schnalle — in horizontaler Richtung verstellbar — fixirt werden konnte (s. Fig. 4).

Der Einfacheit wegen und um den Pulsspiegel an den meisten Körpertheilen bequem anlegen zu können, gab ich endlich der Gabel die Form des oben beschriebenen Drahtbügels (s. Fig. 5).

Was die Eigenschwingungen des Pulsspiegels betrifft, welche bei keinem aus träger Masse bestehenden Fühlhebelapparat absolut zu vermeiden sind, so sind dieselben offenbar schon wegen der Leichtigkeit und Kürze des Hebels geringer, als bei dem Marey'schen und Vierordt'schen Instrumente.

Die Reibung der Theile des Apparates unter sich ist sehr gering; höchstens so gross, um etwaige Eigenschwingungen möglichst zu verhüten, aber keinesfalls gross genug, um dem schwachen Motor gegenüber schädlich zu werden.

Fig. 4.

Pulsspiegel mit längerer oder kürzerer Binde: *a* Lederriemen oder Seidenband, *b* Metallplatte mit der Schnalle, *s* Messingsäulchen im Falz der Metallplatte verschiebbar, *r* Schräubchen zum Feststellen, *g* Gabel, durch die Schraube *m* unter jedem Neigungswinkel festzuklemmen, *p* Pulsspiegel, dessen Drehungsaxe durch die Stahlspitzen der Gabelarme geht.

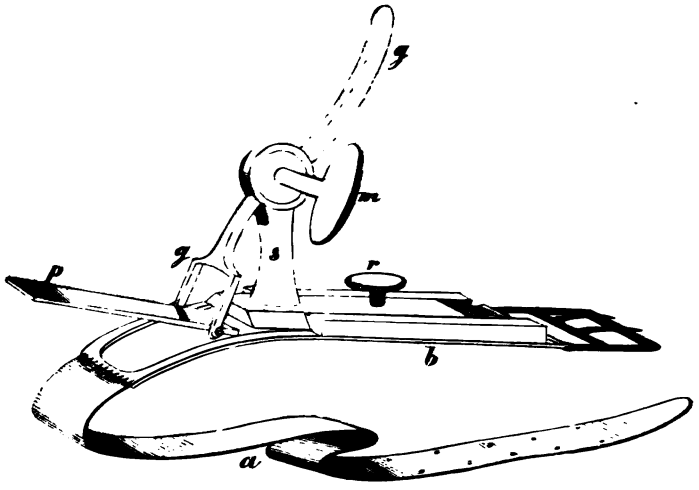
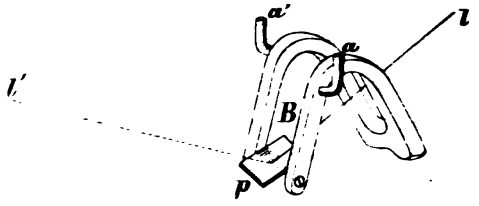


Fig. 5.

Pulsspiegel mit dem Messingbügel; *p* Pulsspiegel, *B* Messingbügel, *a*, *a'* Häkchen zur Fixirung der Befestigungsbänder, *l* auffallende, *l'* reflectirte Lichtstrahlen.



Die Arterie kann von dem die Pulsbewegungen zunächst aufnehmenden Theil des Spiegels gut erreicht werden. In dieser Beziehung ist es ein Vortheil, dass die Enden der Gabelarme sich tiefer in die Haut eindrücken lassen als der Theil der Unterfläche des Spiegels, durch dendie Drehungsaxe geht; denn „Niederdrücken der Haut etwas unterhalb der zum Versuch gewählten Pulsstelle und zwar vermittelst eines constanten Druckes, wobei jede schädliche Spannung der Haut, welche die Arterienbewegung beeinträchtigt, sorgfältig auszuschliessen wäre", hat Vierordt selbst als ein zu prüfendes „Auskunftsmittel", gegen die Schwierigkeiten einer guten und constanten „Applicationsweise des Pulses" angegeben.

Ohne das Umständliche einer nach dem oben mitgetheilten Plane allerdings nicht unmöglichen photographischen Aufnahme der Curve der Bewegungen der vom Pulsspiegel gelieferten Lichtbilder, ist eine graphische Verzeichnung des Pulses vermittelst dieser Technik freilich kaum zu denken, allein da der Gesichtssinn immer noch ein viel feineres Hilfsmittel ist für Auffassung der flüchtigen Bewegungen des Pulses, als das Getast, so wird man meinem Pulsspiegel gewiss nicht einigen Werth für die „*ars sphygmica*" absprechen.

Hierzu kommt noch einerseits, dass sich durch einen zweiten um eine verticale Axe rotirenden Spiegel (s. oben) die geradlinigen Oscillationen der Lichtbilder in Form einer Curve auseinander legen lassen, andererseits aber, dass diese äusserst bequeme Technik sich ganz vorzüglich zu Demonstrationen im Hörsaal und auf Kliniken eignet, und zwar nicht nur mehrerer wichtiger Pulsqualitäten, sondern auch anderer Erscheinungen am pulsirenden Arterienrohr (s. unten *C, a*, pag. 35).

C. Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen.

Es ist bekanntlich eine zuerst von Weitbrecht (1734), dann von Liscovius und E. H. Weber, volle hundert Jahre später, beobachtete Thatsache, dass ein- und derselbe Pulsschlag an entlegenen Arterien merklich später wahrgenommen wird, als an Arterien, die weniger weit vom Herzen entfernt sind.

E. H. Weber hat in seinem Programm „*De pulsu, resorptione, auditu et tactu, Lipsiae 1834*" zuerst die richtige physikalische Erklärung der Erscheinung der Pulsverspätung in den Arterien, vom Centrum gegen die Peripherie hin, gegeben und überdies das kleine Zeitintervall, um welches es sich dabei zwischen *Art. maxillaris ext.* und *Art. dorsalis pedis* handelt, zu bestimmen versucht.

„*Quod quidem intervallum temporis circiter sextam aut septimam partem unius sexagesimae* (Sekunde) *aequare mihi videbatur, si pulsus illos ad pulsus horologii exigebam.*"

Weber's Methode bestand darin, mit jeder Hand einen der Pulse zu tasten und gleichzeitig die Schläge der Uhr zu beobachten. Wer ähnliche Bestimmungen versucht hat, wird zugeben, dass es für das Getast schon ausserordentlich schwierig ist, so kleine Zeitintervalle und noch dazu mittelst zweier verschiedener Finger herauszufühlen. Soll sich nun die Aufmerksamkeit überdies gleichzeitig auf die Schläge der Uhr rich-

ten, so ist es klar, dass Weber's Methode nur zu einer beiläufigen Schätzung des Verspätungsintervalls führen kann.

Die Wichtigkeit einer genaueren Bestimmung der Pulsverspätung für die Pathologie, hat nun Vierordt, schon vor beinahe 10 Jahren veranlasst zu einer speciellen Untersuchung dieses Gegenstandes „mit den exacten chronoskopischen Mitteln, die uns heut zu Gebote stehen", dringend aufzufordern und die Benützung des Wheatstone'schen, von Hipp verbesserten, elektro-magnetischen Chronoskops zu empfehlen.

Nichtsdestoweniger liegen hierüber meines Wissens nur die Versuche von Buisson *) vor.

Buisson bediente sich des folgenden Verfahrens (s. Meissner's Jahresb. f. 1861, p. 430):

„Zwei mit Membranen an ihrem weiten Ende verschlossene Trichter sind durch einen Kautschukschlauch mit einander verbunden und mit Luft gefüllt; der eine Trichter wird mit einer gegen die Membran drückenden Feder auf die Arterie aufgesetzt, welche ihre Pulsationen durch die Luft des Apparates der Membran des anderen vertical stehenden Trichters mittheilt, die ihrerseits die Schwingungen auf einen zeichnenden Hebel überträgt. Sind zwei solche Apparate auf zwei verschiedenen Arterien aufgesetzt, so können die beiden zeichnenden Hebel auf ein und denselben rotirenden Cylinder, der eine über dem anderen, zeichnen." Die zeitliche Differenz zwischen den Pulswellenanfängen in der *Carotis* und in der *Tibialis posterior* fand Buisson bis zu $^1/_8$ Sec.; zwischen *Carotis* und *Radialis* ungefähr $^1/_{16}$ Sec. —

Bei der Spärlichkeit der vorliegenden Daten über Pulsverspätung und bei dem gänzlichen Mangel an einer eingehenden Untersuchung und Prüfung der denkbaren Technicismen, welche zur Ausführung dieser Bestimmungen erforderlich sind; stehe ich nicht an im Folgenden Dasjenige mitzutheilen, was ich in dieser Richtung gedacht und gearbeitet habe, obschon ich meine bisherigen Bemühungen und deren Resultate nur als Vorstudien betrachten kann, zur künftigen Begründung jenes

*) Auch in Marey's 1863 erschienenen „*Physiologie médicale de la circulation du sang. Paris, A. Delahaye*" findet sich keine eingehendere Behandlung dieses Gegenstandes. Marey theilt nur einige in Buisson's Weise gleichzeitig registrirte Pulscurven (und zwar des linken Ventrikels, der *Aorta* und der *Art. femoralis* des Pferdes) mit, und berichtigt seine frühere irrthümliche Ansicht über die Fortpflanzung der Pulsbewegung in den Arterien, indem er zugleich gesteht, dass ihn erst Buisson von der Thatsache der Pulsverspätung überhaupt überzeugt hätte! (Pag. 198.)

neuen Gebietes der Pulslehre, welches ich die Sphygmochronometrie nennen möchte.

Zunächst will ich an die sehr einfache Methode erinnern, welche ich behufs einer Demonstration und Schätzung der Pulsverspätung schon vor längerer Zeit angegeben habe.

Es ist dies

a) Die Methode mit dem Pulsspiegel.

Man legt an jeder der zu vergleichenden pulsirenden Stellen des Körpers einen der oben beschriebenen Pulsspiegel an und richtet es so ein, dass die von denselben reflectirten Bilder gleichzeitig und in gleicher Höhe nebeneinander auf die Wand oder die Decke des Zimmers fallen.

Die zeitlichen Differenzen zwischen den Pulsationen der gewählten Stellen, welchen die Oscillationen der Pulsspiegelbilder genau entsprechen, lassen sich dann mit einem Blicke wahrnehmen und viel genauer abschätzen, als bei gleichzeitigem Befühlen derselben, indem der Gesichtssinn das Getast an Feinheit und Schärfe bei weitem übertrifft.

Von grossem Vortheil ist es auch, dass eine beliebige grosse Anzahl von Zuschauern an der Beobachtung gleichzeitig theilnehmen kann.

In Ermanglung des directen Sonnenlichtes, welches in Folge ungünstiger Verhältnisse (bedingt durch Jahres- und Tageszeit, Witterung, Lage des Lokales etc.) so häufig fehlt, muss man zur Beleuchtung der Pulsspiegel eine kräftige, künstliche Lichtquelle herstellen und das Lokale ganz verdunkeln.

Ich habe zu diesem Ende Beleuchtungsapparate zusammengestellt, welche der *laterna magica* ähnlich sind. Ich setzte vor eine Petroleumlampe mit grossem Brenner eine mit Wasser gefüllte Glaskugel und vor diese eine Linse von 3 — 4 Zoll Durchmesser und langer Brennweite. Alle drei Bestandtheile sind in einen geschwärzten Holzkasten eingeschlossen, um alles störende Nebenlicht abzuhalten. Der Holzkasten selbst befindet sich auf einem beweglichen Stativ, um beliebig höher und tiefer, horizontal oder geneigt festgestellt zu werden, damit das aus seiner Oeffnung hervorströmende Licht unter passendem Winkel auf den Pulsspiegel geworfen werden könne.

Die Entfernung zwischen Flamme, Glaskugel und Linse ist so regulirt, dass das vom Pulsspiegel reflectirte Licht auf der entfernten Wand ein helles, scharfes Bild der Glaskugel und des auf ihre Vorderfläche gemalten Buchstabenzeichens entwirft.

Behufs einer Demonstration bei künstlicher Beleuchtung, wie ich eine solche zum ersten Mal in der Sitzung der hiesigen Gesellschaft der prakt. Aerzte vom 10. Februar 1864 abhielt, bekommt jeder der verwendeten Pulsspiegel sein Licht von einem solchen Beleuchtungsapparat oder von einer guten *laterna magica*, in welche ein passendes Bild (heller Kreis auf dunklem Grund mit einem Buchstaben im Centrum) auf Glas gemalt, eingeschoben ist, und reflectirt das kreisförmige helle Bild, in dessen Mitte ein besonderer Buchstabe erscheint, durch den es gekennzeichnet ist, auf die Wand. —

Wenn es bei unbequemer Lage der pulsirenden Stellen am Körper nicht ohne weiteres gelingen will das künstliche oder das Sonnenlicht unter solchen Winkeln auf die Pulsspiegel zu werfen, dass die oscillirenden Spiegelbilder in der gewünschten Anordnung auf die entfernte Wand fallen, so lässt sich dies durch passende Veränderung der Stellung der Pulsspiegel und der Glieder oder durch Anwendung von Hilfsspiegeln, welche die Richtung der Lichtstrahlen abändern, erreichen.

Mein eben beschriebenes Verfahren, welches sich nicht nur zur Demonstration der Pulsationen der verschiedenen Arterien und des Herzens etc., sondern auch zur Demonstration und Schätzung der Verspätungsintervalle zwischen denselben eignet, glaube ich allen Lehrern der Physiologie und allen Klinikern angelegentlichst zur Benützung im Hörsale und am Krankenbette (z. B. bei Fällen von *Aneurysma*, von *Atherom* der Arterienwände, von pulsirenden Geschwülsten etc.) empfehlen zu dürfen.

Schliesslich will ich noch hervorheben, dass sich dasselbe auch zur genauen Messung der Verspätungsintervalle zwischen den Pulsen verwerthen liesse, wenn man die verschiedenen Pulsspiegelbildcurven, gleichzeitig und genau senkrecht übereinander auf ein und dieselbe wandernde Collodium-Glasplatte photographiren würde. —

b) Die Methode mit dem Sphygmographen.

Der Plan zu dieser Methode, welchen ich bereits in Nr. 10 des berliner Centralbl. f. d. med. Wiss. 1863 als vorläufige Mittheilung veröffentlicht habe, besteht bekanntlich darin, dass an jedem der zur Vergleichung gewählten Querschnitte des Gefässsystems ein Sphygmograph angelegt wird, welcher die Puls- (Herzstoss-) Curve des betreffenden Querschnittes zu fixiren hat.

Die Abscissen der zwei (oder mehreren) gleichzeitig geschriebenen

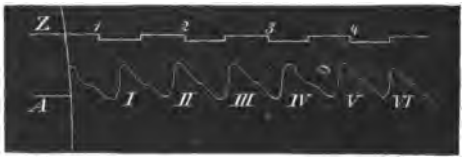
Curven bedeuten die Zeit, die Ordinaten hingegen die Phasen der Pulswelle. Um die synchronischen Punkte der Abscissenaxen dieser Curven bestimmen und alle gewünschten Messungen ausführen zu können, wird an jedem der Sphygmographen ein zweiter Schreibhebel angebracht, den ein kleiner Elektromagnet in Bewegung setzt. Sämmtliche Elektromagnete werden durch abwechselnde Schliessung und Oeffnung desselben constanten Stromes gleichzeitig in Wirksamkeit versetzt, indem ein schwingendes Pendel in regelmässigen Intervallen von je einer Secunde oder je einem Bruchtheil einer Secunde die Stromleitung unterbricht und wiederherstellt.

An jedem Sphygmographen entsteht somit über oder unter der Pulscurve gleichzeitig eine zweite Curve (vom Elektromagneten), welche die absoluten Zeitintervalle angiebt. (Vgl. Fig. 6.)

Die gesuchten synchronischen Punkte der Abscissenaxen der einzelnen zu vergleichenden Pulscurven können nun einfach und genau durch gehörige Verlängerung der gleichnamigen Secundenstriche der Zeitcurven *) gefunden werden.

Fig. 6.

A Pulscurve, *Z* Zeitcurve, *I II III* etc. die einzelnen Pulse, *1 2 3* etc. Secundenstriche.



Hierdurch lässt sich nicht nur die Länge der Abscisse, welche dem Beginn oder überhaupt einer beliebigen Phase jeder einzelnen Pulswelle entspricht, messen und in Bruchtheilen einer Secunde ausdrücken, sondern auch sofort die Differenz der an den zu vergleichenden Querschnitten des Gefässsystems gefundenen Zeitwerthe für dieselbe Phase der gleichnamigen Pulswelle — also das gesuchte Intervall, um welches der Puls an dem vom Herzen entfernten Arterienquerschnitt später erscheint — genau bestimmen.

Dieses Intervall, bezogen auf die Länge der in der Zeiteinheit durchlaufenen Röhrenbahn ergiebt dann die Fortpflanzungsge-

---

*) Man wendet bekanntlich schon seit längerer Zeit Elektromagnete zum Markiren von Zeitintervallen an, allein zum Schreiben von Zeitcurven glaube ich dieselben zuerst empfohlen und benützt zu haben.

Später ist Dr. Brondgeest in Utrecht unabhängig auf dieselbe Idee gekommen (s. Verslagen en Mededeelingen d. k. Ak. v. W. Deel XV. „*Nieuwe Methode* . . . etc.“)

schwindigkeit der Pulswelle. Die zur Ausführung meiner Methode verwendeten Vorrichtungen waren folgende:

1. Zwei Marey'sche Sphygmographen. Den einen hatte ich von Breguet in Paris, den anderen von Sedlaczek in Wien bezogen. Das Uhrwerk des ersteren lief viel langsamer als das des letzteren, so dass die Pulsbilder auf jenem bedeutend (fast um die Hälfte) kürzer ausfielen, als auf diesem. Da jedoch die Secundenstriche der Zeitcurven genau in demselben Verhältniss, bei jenem enger, bei diesem weiter auseinander standen, so hatte die Verschiedenheit der Uhrwerke, deren Gang an und für sich möglichst gleichmässig war, natürlich keinen nachtheiligen Einfluss auf die beabsichtigten Messungen.

Was die Bedenken angeht, welche man gegen die absolute Richtigkeit der Marey'schen Pulsbilder zu hegen berechtigt ist, so kommen dieselben in Bezug auf die Messung der Pulsverspätung weniger in Betracht, als wenn es sich um genaue Bestimmungen der Pulsformen handelte, weil die etwaigen Fehler in den Bildern des Pulses beider zu vergleichenden Arterienquerschnitte nahezu gleichmässig entstehen werden und daher nicht verhindern, dass die Verspätung der gleichnamigen Phasen der Pulswelle mit merklicher Genauigkeit erkannt und gemessen werden kann.

Hat man übrigens mehr Vertrauen zum Vierordt'schen Sphygmographen und scheut man nicht die Unbequemlichkeiten seiner Anwendung, so bediene man sich zweier Vierordt'scher Sphygmographen. Meine Methode verlangt nur zwei Pulscurven, an denen wenigstens die Momente des Eintritts der Expansion oder Contraction der Arterien deutlich zu sehen sind, — und wenn sie schon nicht absolut oder möglichst richtig angegeben sein könnten, doch in gleichem Sinne und Verhältniss falsch sein müssen. Der Marey'sche Sphygmograph genügt daher annäherungsweise für unseren Zweck, sobald man Sorge trägt, dass die zu vergleichenden Pulscurven einen möglichst gleichartigen Charakter bekommen.

2. Zwei kleine Elektromagnete. Diese liess ich mir von Herrn W. Grund, Mechaniker in Prag, verfertigen. Sie sind an einer verticalen Messingstange in beliebiger Höhe festzustellen. Die Messingstangen werden durch starke Klemmen an die Gehäuse der Sphygmographenuhrwerke festgeschraubt. Die Anker befinden sich an kleinen Hebeln, welche sich um eine horizontale Axe drehen. Das Ende der Hebel hängt mit einem federnden Schreibstift zusammen, welcher in einer verticalen

Führung auf und nieder geht, wenn der Anker angezogen und (durch Federkraft) emporgehoben wird.

Die Spitze des Schreibstiftes muss genau über oder unter der schreibenden Spitze des Hebels des Sphygmographen eingestellt werden. Da sich letztere bei den Marey'schen Apparaten bekanntlich nicht in einer geraden verticalen Linie bewegt, sondern in einem Kreissegment, dessen Durchmesser der Entfernung der Drehungsaxe des Hebels von seiner schreibenden Spitze entspricht, so lasse ich zuerst den Schreibhebel über die ganze Breite des berussten Papierstreifens sein Kreisbogensegment ziehen, welches die krumme Ordinatenaxe für die Pulscurve repräsentirt (s. Fig. 6) und stelle dann die Spitze des Schreibstiftes des Elektromagneten genau in den gezogenen Strich ein *) — in solcher Entfernung vom Hebel des Sphygmographen, dass dessen Excursionen in keiner Weise behindert werden. Der Fusspunkt der nach abwärts gerichteten Secundenstriche liegt dann genau in der krummen Ordinate der Pulscurve, in welcher sich der Schreibhebel des Sphygmographen bewegt (s. Fig. 6). Um die den Punkten der Zeitcurve correspondirenden Punkte der Pulscurve, behufs der anzustellenden Messungen der Abscissen zu finden, durften daher keine lothrechten geraden Linien zwischen den beiden Curven gezogen werden, sondern Kreissegmente, von derselben Krümmung und Richtung wie die Ordinatenaxe.

Zur Erleichterung dieser Operation wurde der Papierstreif scharf und genau nach der ersten vom Schreibhebel des Sphygmographen über die ganze Breite des Streifens gezogene Linie, welche ich oben die Ordinatenaxe nannte, durchschnitten und das abgeschnittene Stück gleichsam als Ordinaten-Lineal verwendet.

3. Ein Secundenpendel, welches die von 1—2 Daniell'schen Elementen ausgehende und die Drahtwindungen beider Elektromagnete einschliessende Stromleitung regelmäsig bei jedem Hin- und Hergang einmal schloss und einmal unterbrach. Ich verwendete hierzu ein kleines Pendel von Keinath in Tübingen, an welchem ich einen Contact aus Platindraht und Quecksilbernäpfen herstellte, welchen das schwingende Pendel abwechselnd und in sehr gleichmässiger Weise aufhob und wiederherstellte.

---

*) War die Schreibspitze des Elektromagneten nicht genau in den Strich eingestellt worden, so mussten alle gefundenen Abscissenlängen entsprechend corrigirt werden.

4. Ein Messinstrument zur Bestimmung der Längen. Hierzu diente ein Zirkel mit feinen Spitzen und ein Millimetermaassstab, an welchem noch 0,05 eines Millimeters abgeschätzt und abgegriffen werden konnten, oder ein Ocular- oder Schraubenmikrometer bei sehr mässiger mikroskopischer Vergrösserung.

So ausgerüstet konnte ich, unter Beihilfe meines Assistenten, des Hrn. *stud. med.* Jirusch, an die wirkliche Ausführung der beabsichtigten Messungen schreiten.

α) Messung der Pulsverspätung zwischen der *Art. radialis* und der *Art. dorsalis pedis.*

Ich befestigte einen der Marey'schen Sphygmographen an der zum gewöhnlichen Pulsfühlen benützten Stelle der *Art. radialis* meines linken Vorderarmes und liess den zweiten, vom Assistenten, an die *Art. dorsalis pedis* meines linken Fusses, welcher bequem auf einem keilförmigen Schemel ruhte, anlegen.

Nachdem an beiden Sphygmographen die Ordinatenaxen durch den Schreibhebel gezogen und die Schreibspitzen der Elektromagnete genau in diese Linie eingestellt worden waren, wurde das den zeitmessenden Strom unterbrechende Secundenpendel in Bewegung gesetzt. Die Elektromagnete begannen ihre synchronische Arbeit, und indem die Uhrwerke in der Pause zwischen zwei Secundenschlägen auf ein gegebenes Zeichen in Gang gebracht wurden, entstanden auf jedem der laufenden berussten Papierstreifen eine Puls- und eine Zeitcurve (s. oben Fig. 6). Auf dem von der *Art. radialis* stammenden Papierstreifen wurde die Versuchsnummer in römischer Zahl und die Bezeichnung „*A. r.*“ notirt, der von der *Art. dorsalis pedis* stammende Streifen erhielt dieselbe Versuchsnummer und die Bezeichnung „*A. d. p.*“ Ferner wurden die auf beiden Streifen synchronischen Secundenstriche mit *1 2 3 4* etc. und die gleichnamigen Pulsbilder mit *I II III IV* etc. beziffert und die weisse Zeichnung auf dem berussten Grunde durch Eintauchen in eine alkoholische Mastixlösung fixirt, um aufbewahrt und später ausgemessen werden zu können.

Gemessen wurde an beiden Pulscurven die Entfernung der Punkte der grössten Expansion von dem unmittelbar vorhergehenden Secundenstrich. Die in Millimetern ausgedrückte Entfernung wurde durch die, ebenfalls nach dem Millimetermaass bestimmte Länge der Secunde (d. h. des Abstandes der beiden aufeinander folgenden Secundenstriche), welche den betreffenden Puls einschloss, dividirt. Lagen die correspondirenden Pulse

nicht zwischen denselben Secundenstrichen, dann wurde natürlich zu dem Quotienten, der sich auf den von der nächstfolgenden Secunde eingeschlossenen Puls bezog, ein Ganzes hinzuaddirt.

Die Differenz der beiden Quotienten ergab das absolute Zeitintervall, um welches der Puls in der *Art. dorsalis pedis* später erscheint als in der *Art. radialis.*

Ich lasse beispielsweise zwei Versuchsreihen folgen.

D — R.

Versuchs-Nr.	Puls - Nr.	Verspätungsintervall in Bruchtheilen 1 Sec.	Mittel aus 20 Einzelbeobachtungen
XIII	II	0,024	
	III	0,021	
	IV	0,015	
	V	0,019	
	VI	0,021	
	VII	0,031	
	VIII	0,024	
	IX	0,006	
	X	0,020	
	XI	0,007	
XII	I	0,035	0,018 Sec.
	II	0,019	
	III	0,027	
	IV	0,007	
	V	0,036	
	VI	0,011	
	VII	0,008	
	VIII	0,014	
	IX	0,010	
	X	0,010	

β) Messung der Verspätungsintervalle zwischen dem Herzstoss und dem Puls der *Art. radialis* und der *Art. dorsalis pedis.*

Diese Messung führte ich aus, theils um diese Verspätungsintervalle an und für sich kennen zu lernen, theils um das eben gefundene Verspätungsintervall zwischen dem Puls der *Art. dorsalis pedis* und jenem der *Art. radialis* aus der Differenz der jetzt zu bestimmenden Intervalle berechnen und controlliren zu können.

Um den Marey'schen Sphygmographen, welcher eigentlich nur zur Application an der *Radialis* eingerichtet ist, bequem zur Darstellung der Herzstosscurve verwenden zu können, liess ich mir ein an den Tisch

festzuschraubendes Gestell aus hartem Holz machen, an welchem der Sphygmograph unverrückbar in der Weise befestigt wurde, dass die durch den Herzstoss emporgehobene Stelle der Brustwand oder ein auf dieselbe gesetztes Stäbchen sicher gegen die starke elastische Feder des Sphygmographen angestemmt werden konnte.

Das Gestell hatte übrigens so grosse Dimensionen, dass es auch ganz sicher und bequem auf den Schooss genommen und mit den Armen an die Brust gedrückt werden konnte.

Dabei wurden natürlich die Athembewegungen während des anzustellenden Versuchs gänzlich unterbrochen, so dass sich die Herzstosscurve ganz rein und gleichmässig aufschrieb.

Der zweite Sphygmograph wurde gleichzeitig an der *Radialis* oder an der *Dorsalis pedis* angelegt und das bei den früheren Messungen befolgte Verfahren eingeschlagen, um den Abstand zwischen den, der höchsten Elevation der Brustwand entsprechenden Punkten der Herzstosscurve und den, der grössten Expansion der Arterien entsprechenden Punkten der Pulscurve zu finden. Ich stelle in den beiden folgenden Tabellen die Resultate je zweier Versuchsreihen zusammen.

1. Herzstoss und *Radial* - Puls.

R — H.

Versuchs-Nr.	Puls - Nr.	Verspätungsintervall in Bruchtheilen 1 Sec.	Mittel aus 21 Einzelbeobachtungen
V	I	0,167	
	II	0,141	
	III	0,168	
	IV	0,184	
	V	0,140	
	VI	0,143	
	VII	0,139	
	VIII	0,152	
	IX	0,130	
	X	0,159	
IV	II	0,175	0,159 Sec.
	III	0,152	
	IV	0,177	
	V	0,172	
	VI	0,175	
	VII	0,171	
	VIII	0,172	
	IX	0,177	
	X	0,152	
	XI	0,161	
	XII	0,130	

2. Herzstoss und Puls der *Art. dors. pedis.*

D — H.

Versuchs-Nr.	Puls - Nr.	Verspätungsintervall in Bruchtheilen 1 Sec.	Mittel aus 20 Einzelbeobachtungen
XI	I	0,188	
	II	0,178	
	III	0,224	
	IV	0,209	
	V	0,169	
	VI	0,181	
	VII	0,171	
	VIII	0,167	
	IX	0,208	
	X	0,211	
IX	II	0,171	0,193 Sec.
	III	0,205	
	IV	0,231	
	V	0,201	
	VI	0,205	
	VII	0,204	
	VIII	0,177	
	IX	0,197	
	X	0,181	
	XI	0,190	

γ) Messung der Verspätungsintervalle zwischen dem Herzstoss und dem Puls der *Carotis* einerseits, und zwischen dem Puls der *Carotis* und den Pulsen der *Art. radialis* und der *Art. dorsalis pedis* andererseits.

Zur Befestigung des Marey'schen Sphygmographen am Halse, behufs der Registrirung der Pulscurve der *Carotis*, diente eine grosse hölzerne Zwinge, welche fest und sicher auf den Schultern und auf dem Nacken ruhte.

1. Herzstoss und *Carotis*.

C — H.

Versuchs-Nr.	Puls - Nr.	Verspätungsintervall in Bruchtheilen 1 Sec.	Mittel aus 20 Einzelbeobachtungen
XX	I	0,105	
	II	0,080	
	III	0,065	
	IV	0,093	
	V	0,074	
	VI	0,078	
	VII	0,086	
	VIII	0,125	
	IX	0,108	0,087 Sec.
XXVIII	I	0,067	
	II	0,076	
	III	0,090	
	IV	0,070	
	V	0,068	
	VI	0,098	
	VII	0,102	
	VIII	0,079	
	IX	0,081	
	X	0,101	
	XI	0,097	

2. *Carotis* und *Radialis*.

R — C.

Versuchs-Nr.	Puls - Nr.	Verspätungsintervall in Bruchtheilen 1 Sec.	Mittel aus 17 Einzelbeobachtungen
XXIII	I	0,124	
	II	0,139	
	III	0,094	
	IV	0,121	
	V	0,137	
	VI	0,108	
	VII	0,108	
	VIII	0,137	0,094 Sec.
XXII	I	0,072	
	II	0,035	
	III	0,063	
	IV	0,069	
	V	0,100	
	VI	0,051	
	VII	0,071	
	VIII	0,063	
	IX	0,104	

3. *Carotis* und *Dorsalis pedis.*

D — C.

Versuchs-Nr.	Puls - Nr.	Verspätungsintervall in Bruchtheilen 1 Sec.	Mittel aus 20 Einzelbeobachtungen
XXIX	I	0,178	
	II	0,161	
	III	0,097	
	IV	0,116	
	V	0,129	
	VI	0,103	
	VII	0,101	
	VIII	0,073	
	IX	0,160	
	X	0,145	
	XI	0,110	
XXX	I	0,107	0,117 Sec.
	II	0,100	
	III	0,109	
	IV	0,100	
	V	0,116	
	VI	0,104	
	VII	0,098	
	VIII	0,115	
	IX	0,121	

Sämmtliche in α, β und γ zusammengestellten Versuchsreihen wurden in einer Zeit angestellt, während welcher mein Puls eine fieberhafte Frequenz von 80—95 in der Minute hatte.

Geht man die mitgetheilten Tabellen genauer durch, so erkennt man sofort, dass die einzelnen Werthe der Verspätungsintervalle in einer und derselben Versuchsreihe sehr beträchtlich von einander abweichen.

Ohne die Möglichkeit einer in kurzer Zeit, ja selbst von einem Pulsschlag zum andern etwa eintretenden Veränderung des Werthes der Verspätungsintervalle innerhalb derselben Gefässstrecke im vorhinein läugnen zu können, so wird man doch nicht anstehen die Schwankungen der Einzelbestimmungen zunächst der unvollkommenen Ausführung der Messungen zur Last zu legen.

Denn so vorwurfsfrei auch der Plan meiner Methode mit dem Sphygmographen ist, für die exacte wirkliche Ausführung finden sich eine Menge von Schwierigkeiten und Uebelständen, welche als Fehler-

quellen die Schärfe und Uebereinstimmung der Einzelbeobachtungen mehr oder weniger beeinträchtigen müssen.

So z. B. 1. die scharfe Bestimmmung jener Punkte in den Pulscurven, welche den Momenten der grössten Expansion der Arterien oder des Beginnes der Contraction entsprechen. Fehler in dieser Richtung — selbst wenn wir die Form der Pulscurven als vollkommen richtig voraussetzen — kann man um so leichter begehen, je rascher der berusste Papierstreifen am Schreibhebel vorübergeführt wird, je stumpfer und gestreckter somit die Pulsbilder ausfallen; obschon die raschere Bewegung des Papierstreifs andererseits wieder von grossem Vortheil ist, weil hierdurch die den Zeiteinheiten entsprechenden Abscissenlängen bedeutend wachsen, und die Messung ihrer Bruchtheile an Genauigkeit gewinnt.

Sind nun gar die Formen der zu vergleichenden Pulsbilder etwas und nicht genau in derselben Weise verzerrt, so ist die Gefahr, den Uebergangspunkt der Expansion *(Systole)* in die Contraction *(Diastole)* zu verfehlen, fast nicht zu vermeiden.

Dies gilt namentlich in Beziehung auf die Herzstosscurven im Vergleich mit den Pulscurven der Arterien, obschon auch diese letzteren unter einander, namentlich bei sorgloser Handhabung der Sphygmographen, Formverschiedenheiten zeigen können, welche schärfere Bestimmungen illusorisch machen.

So 2. die Benützung des krummrandigen Ordinatenlineals, um die correspondirenden Punkte der Abscissenaxen zu finden.

So 3. die exacte Messung der Abscissenlängen, da die auf dem berussten Papier geschriebenen Linien, wenn auch fein, doch eine messbare Breite besitzen.

So 4. die Ungleichförmigkeiten im Gange der Uhrwerke — nicht hinsichtlich einer Geschwindigkeitsdifferenz zwischen den beiden Uhrwerken (denn diese ist durch die über jeder Pulscurve gleichzeitig notirte Zeitcurve vollständig unschädlich gemacht), sondern die Ungleichförmigkeiten im Gange des einzelnen Uhrwerks *während des Ablaufs einer Secunde.*

Und so endlich noch eine Reihe anderer Schwierigkeiten und Uebelstände, welche mehr oder weniger ins Gewicht fallen, sich aber freilich, so wie die namhaft gemachten, durch Sorgfalt und Aufmerksamkeit mehr oder weniger beseitigen lassen. —

Kurz, die praktische Ausführung meiner Methode ist weiterer Vervollkommnungen eben so fähig, als — wie ich in Anbetracht der uner-

warteten Feinheit des Messungsobjectes ausdrücklich hervorheben muss — bedürftig. Nichtsdestoweniger wollen wir zum Schlusse die aus den mitgetheilten Tabellen sich ergebenden Werthe der Verspätungsintervalle zusammenstellen und prüfen, weil sie denn doch innerhalb gewisser fester Grenzen bleiben und, wie ich später zeigen werde, einige sichere und neue Resultate im Gebiete der Sphygmochronometrie ergeben (s. unten pag. 58).

Im Mittel betrugen die Verspätungsintervalle zwischen *Radialis* und *Dorsalis pedis*:

$$(D - R) = 0{,}018 \text{ Sec.};$$

zwischen Herz und *Radialis*:

$$(R - H) = 0{,}159 \text{ Sec.};$$

zwischen Herz und *Art. dorsalis pedis*:

$$(D - H) = 0{,}193 \text{ Sec.};$$

zwischen Herz und *Carotis*:

$$(C - H) = 0{,}087 \text{ Sec.};$$

zwischen *Carotis* und *Radialis*:

$$(R - C) = 0{,}094 \text{ Sec.};$$

zwischen *Carotis* und *Dorsalis pedis*:

$$(D - C) = 0{,}117 \text{ Sec.};$$

Diese direct gefundenen Mittelwerthe von $D-R$ und $C-H$ lassen sich durch Rechnung controlliren. Denn:

$$(D-H) - (R-H) = (D-R) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$
$$(D-C) - (R-C) = (D-R) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$
$$(D-H) - (D-C) = (C-H) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$
$$(R-H) - (R-C) = (C-H) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Die Uebereinstimmung der aus den Gleichungen (1) und (2), und (3) und (4) berechneten Werthe von $(D-R)$ und $(C-H)$ mit den aus directer Beobachtung hervorgegangenen Mittelwerthen, ist eine ziemlich befriedigende, denn die ersteren differiren von den letzteren beziehentlich nur um $^{5}/_{1000}$, $^{16}/_{1000}$, $^{11}/_{1000}$ und $^{22}/_{1000}$ Sec. (Vgl. die Tabelle auf S.48); allerdings betragen die Werthe selbst nur etliche Hundertel Sec. —

	Berechnet	Differenz
	aus (1) = 0,034 Sec.	+ 0.016 Sec.
	aus (2) = 0,023 Sec.	+ 0,005 Sec.
	aus (3) = 0,076 Sec.	— 0,011 Sec.
	aus (4) = 0,065 Sec.	— 0,022 Sec.

c) Die elektrische Methode.

Der elektrische Strom und seine magnetischen Wirkungen sind [illegible] zu den genauesten chronometrischen Bestimmungen angewendet worden. Auch für unseren Zweck lässt sich der elektrische Strom in der verschiedensten Weise benützen. Es handelt sich hier nur darum, passende Vorrichtungen an den Arterien anzubringen, welche, durch die Pulsbewegungen in Bewegung gesetzt, im erforderlichen Moment die Leitungen (Haupt- oder Nebenschliessungen) des elektrischen Stromes schliessen oder unterbrechen, denn die Zeiten des Eintritts oder der Dauer der Schliessung oder Unterbrechung elektrischer Ströme können bekanntlich sehr genau gemessen werden.

Letzteres geschieht nämlich entweder vermittelst der graphischen Methode, bei welcher die Zeit durch die Länge einer Linie gemessen wird, oder vermittelst der Pouillet'schen Methode, bei welcher die Zeit aus einer Function des Ablenkungswinkels einer Magnetnadel berechnet wird; oder endlich vermittelst der elektromagnetischen Chronoskope, an welchen die Zeit vom Zifferblatte des Uhrwerkes abgelesen wird.

Bezüglich jener Vorrichtungen, welche an den zu vergleichenden Arterienquerschnitten anzubringen sind, ist jedoch zu bemerken, dass es nicht genügt, wenn sie, durch die Pulse in Bewegung gesetzt, die Stromleitungen überhaupt nur prompt schliessen oder öffnen, — es wäre nichts leichter zu bewerkstelligen, als dies —, sondern, dass sie an beiden zu vergleichenden Orten genau im Momente derselben bestimmten Phase der Pulswelle (z. B. im Momente des Pulswellenanfangs oder der erreichten Pulswellenhöhe) die Schliessung oder Öffnung der Stromleitungen bewerkstelligen müssen — und hierin liegt die ganze Schwierigkeit der Benützung des elektrischen Stromes

zur Chronometrie der Pulswelle. Diese Schwierigkeit hat Vierordt mit keiner Sylbe angedeutet, als er das von Hipp verbesserte Wheatstonsche Chronoskop zu diesen delicaten Versuchen empfahl, indem er sich einfach auf die Bemerkung beschränkte, „ .... wobei ähnliche Hebelvorrichtungen anzuwenden wären, wie bei unserem Sphygmographen.“

Mit einem einfachen Fühlhebel, welcher durch die Pulsationen der Arterien gegen eine Contactschraube emporgehobon, oder von derselben abgehoben würde, ist es jedoch nicht abgethan, — selbst wenn die Contactschraube in verschiedener Höhe fein eingestellt werden könnte, denn man wüsste niemals mit Sicherheit, ob die Contactschliessung oder Oeffnung an den zu vergleichenden Orten genau bei derselben Phase der Pulswelle stattgefunden habe oder nicht; es wäre sehr leicht das wahre Successionsverhältniss der Pulse zu verfehlen, ja sogar geradezu umzukehren!

So misslich dieser Umstand (welcher dem Aufsuchen der homologen Punkte der beiden Pulscurven bei der sub *b)* beschriebenen Methode gleicht) im vorhinein auch erscheint, so habe ich mich doch nicht abschrecken lassen, Versuche mit verschiedenen stromunterbrechenden und stromschliessenden Vorrichtungen zu machen, indem ich ermitteln wollte, ob der angedeutete Uebelstand vielleicht in hinreichendem Grade zu beseitigen sei. Bei ganz gleichförmigem, regelmässigem Pulsschlag und völlig ruhiger Haltung des Individuums bot sich als nächstliegendes Auskunftsmittel, der Contactschraube die höchste oder tiefste Stellung zu geben, damit Schliessung oder Oeffnung der Stromleitung an beiden Orten möglichst genau dem Momente des Pulswellenanfangs oder der erreichten Pulswellenhöhe entspreche. Man sieht jedoch leicht, dass die leisesten Bewegungen des Versuchsobjects oder die geringsten Aenderungen in der Grösse der Pulsschläge, entweder ein gänzliches Ausbleiben oder ein verfrühtes oder verspätetes Eintreten des Contacts oder der Unterbrechung bedingen müssen.

Ich werde weiter unten die verschiedenen Ideen und Vorrichtungen, auf welche ich gekommen bin, um die elektrische Methode zur Selbstregistrirung der Pulswellenverspätung anzuwenden, mittheilen, vorher will ich aber ein Verfahren besprechen, welches zwar an Genauigkeit und Sicherheit eine verlässliche mechanische Selbstregistrirung nie vollkommen ersetzen wird, welches sich aber, der Einfachheit und leichten Anwendbarkeit wegen, zu beiläufigen Schätzungen jedenfalls besser empfiehlt, als Weber's Verfahren. Ich meine:

LAMT LIBRARY

α) Das Verfahren des freien Markirens der Pulse.

Man kann nämlich bei einiger Uebung und Aufmerksamkeit mit ziemlicher Genauigkeit im Momente, wo der Puls gefühlt oder — wenn man einen Pulsspiegel in der oben angegebenen Weise anwendet — gesehen wird, einen Telegraphenschlüssel in Bewegung setzen und den zeitmessenden Strom schliessen oder öffnen.

Es kann ein Beobachter die zwei oder mehren zu vergleichenden Pulse beobachten und markiren, oder aber es können sich mehre Beobachter in die Markirung der zu vergleichenden Pulse theilen, wobei freilich die sogenannte „persönliche Gleichung" für jeden Theilnehmer zu bestimmen und in Rechnung zu bringen wäre.

Was die Anordnung der Stromleitungen angeht, so lassen sich dieselben so einrichten, dass jeder Beobachter je eine von den übrigen unabhängige Leitung und Stromquelle durch seinen Telegraphenschlüssel beherrschte oder so, dass die Schlüssel je zweier Beobachter in der Art in eine und dieselbe Leitung eingeschaltet wären, dass Druck auf den ersten Schlüssel den Strom schliesst, Druck auf den zweiten Schlüssel den Strom öffnet. Im ersten Falle würde dann die Pulsverspätung dem Intervall zwischen den Stromschliessungen entsprechen, im zweiten Fall aber der Dauer der Ströme.

Die zum Markiren benützten Schlüssel könnten entweder gewöhnliche Telegraphenschlüssel oder besser in der Art eingerichtet sein, dass sie im Moment der Berührung schon die Schliessung oder Unterbrechung des Stromes bewirkten und kein messbarer Zeitverlust beim Niederdrücken, wie bei jenen, eintreten könnte, ehe der Contact erreicht wird. Man müsste nämlich solche Schlüssel benützen, welche durch Contactunterbrechung wirken. Es versteht sich von selbst, dass man mit einem solchen Schlüssel Ströme in bestimmten Leitungen im gewollten Moment nicht nur unterbrechen, sondern auch in dieselben eintreten lassen kann. Man braucht solch' einen Schlüssel nämlich nur in eine gut leitende Nebenschliessung einzuschalten; so wie dann der Contact aufgehoben wird, bricht der Strom in die Hauptleitung ein. Befindet sich nun in der Hauptleitung ein zweiter solcher Schlüssel, so unterbricht Druck auf diesen wieder den eben hereingebrochenen Strom, ehe sich der Contact in der Nebenschliessung wieder hergestellt hat. Nur in dem Falle könnte bei dieser Anordnung eine Confusion der Signale eintreten, wenn die markirende Hand zu lang oder zu kurz den Schlüssel herabgedrückt halten würde, wenn nämlich der erste Schlüssel die

Nebenschliessung früher herstellte, ehe der zweite die Hauptleitung unterbrochen hätte, oder wenn der zweite Schlüssel die Hauptleitung noch nicht wieder hergestellt hätte, ehe der erste Schlüssel die Nebenschliessung öffnete.

Das Schliessungssignal durch Druck auf den ersten Schlüssel kann nur dann richtig ausfallen, wenn der zweite Schlüssel seine Ruhelage einnimmt, die Hauptleitung also geschlossen ist, während das Oeffnungssignal durch Druck auf den zweiten Schlüssel nur dann wirksam und richtig ist, ehe am ersten Schlüssel der Contact und damit die gute Nebenschliessung wieder hergestellt ist. Es ist grosse Uebung hierzu erforderlich.

Uebrigens lässt sich der Mechanismus der Schlüssel leicht so modificiren, dass die Unterbrechung des Contacts bei einmaligem Niederdrücken nur eine ganz bestimmte immer gleiche Zeit dauert, mag man nun zwischen zwei Signalen die Hand längere oder kürzere Zeit auf dem Drücker ruhen lassen.

β) Das Verfahren mit dem Pulsmanometer.

Unter den Vorrichtungen, welche behufs der elektrischen Selbstregistrirung durch die Pulswellen selbst in Bewegung gesetzt werden sollen, habe ich auch solche probiert, welche auf dem Princip des arggeschmähten Hérisson'schen Pulsmanometers beruhen.

Ich verschloss kurze metallene oder glässerne Röhrenstücke an dem einen Ende mit einer elastischen Membran, füllte den kleinen Hohlraum mit einer leitenden Flüssigkeit aus, und verschloss das andere Ende mit einem Kork, in dessen Bohrung ein dünnes Glasröhrchen stack. Die beim Eindrücken des Korks im Röhrchen aufsteigende Flüssigkeit pulsirt bekanntlich deutlich und regelmässig auf und ab, wenn die elastische Membran gegen eine Arterie angedrückt wird. Ist die leitende oscillirende Flüssigkeit mit dem einen Pol, ein in das Röhrchen gesteckter Draht, dessen Spitze von der aufsteigenden Flüssigkeitssäule eben erreicht werden kann, mit dem anderen Pol einer Säule in Verbindung, so wird jede Pulswelle durch die momentane Schliessung des Stromes markirt werden. Zweckmässig construirt, ist das Hérisson'sche später von Chelius und Scott Alison angewendete Sphygmometer, in seinen Anzeigen nicht gar so unzuverlässig, wie die übertriebene Abneigung des Begründers der Sphygmographie gegen Manometer mit schwingender Flüssigkeit überhaupt vermuthen lässt.

Redtenbacher's Bedenken gegen das Pulsmanometer sind aller-

dings vollkommen berechtigt, allein dieselben lassen sich, wie Mach gezeigt hat, ganz in derselben Weise gegen jede Pulsmaschine geltend machen, bei welcher träge Massen ins Spiel kommen.

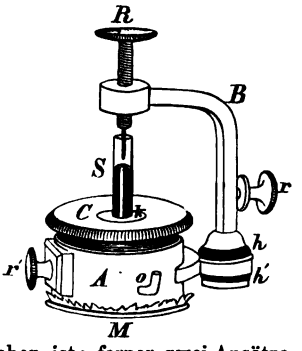
Keine der Pulsmaschinen ist ein „Pantograph, der mit gewissenhafter Treue die Einwirkungen wiedergibt," und keine der gelieferten Pulscurven kann streng genommen der wahre „Ausdruck des Gesetzes sein, nach welchem die Pulsbewegungen erfolgen." Die einzige Ausnahme werden jene Pulscurven bilden, welche nach meinem oben auseinandergesetzten photosphygmographischen Verfahren (*A*) mit Ausschluss aller trägen Masse durch gewichtlose Fühlhebel — die Lichtstrahlen — aufgeschrieben werden.

Es handelt sich also bei den verschiedenen Pulsmaschinen immer nur um eine grössere oder geringere Approximation. Und dass die Anzeigen der Vorrichtungen, welche nach dem Hérisson'schen Princip möglichst zweckmässig construirt werden, jener der übrigen Pulsmaschinen wenig oder nichts an Genauigkeit nachgeben, davon kann man sich leicht überzeugen.

Was übrigens die Leistungen des Hérisson'schen Manometers für unseren speciellen Zweck angeht, so würden dieselben schon ganz gut verwendbar werden, wenn die Momente z. B. der erreichten Pulswellenhöhe nur annähernd richtig angezeigt würden, der unvermeidliche Fehler jedoch an allen zu vergleichenden Arterienquerschnitten in demselben Sinne und gleich gross ausfiele.

Die Form und Einrichtung, welche ich meinem elektrischen Pulsmanometer gegeben habe ersieht man aus dem beigedruckten Holzschnitt (Fig. 7).

Fig. 7.



Elektrisches Pulsmanometer. *A* Metallring, unten durch die Membran *M* verschlossen und mit Quecksilber gefüllt; *C* Deckel m. Schraubengewinde zum Verschliessen des Ringes *A* von oben, derselbe kann so tief in den Ring *A* hineingeschraubt werden, dass die Quecksilberschicht zwischen Deckel und Membran auf ein Minimum reducirt wird; *k* ein durchbohrter Kork, welcher eine kurze Steigröhre *S* trägt, in welcher das Quecksilber auf und niedergeht. An den Ring *A* sind zwei Häkchen zum Befestigen der Haltebänder angebracht, von denen nur das diesseitige, *o* zu sehen ist; ferner zwei Ansätze, von denen der eine das Schräubchen *r'*, der andere aber den Bügel *B* trägt,

welcher durch zwei Scheibchen Hartgummi (*h h'*) elektrisch vollkommen isolirt ist. Der Bügel *B* ist an seinem senkrechten Theile mit dem Schräubchen *r* versehen, welches wie das Schräubchen *r'* zum Anklemmen eines Poldrahtes dient. Am Ende des horizontalen Theils des Bügels *B* befindet sich die mit einer feinen langen Platinspitze versehene Contactschraube *R*, gegen welche je nach der gewählten Einstellung, das Quecksilber, im Beginn oder am Ende seiner aufsteigenden Bewegung, schlägt und damit eine gutleitende Verbindung zwischen den bei *r* und *r'* festgeklemmten Pohldrähten herstellt.

Mit dem Eintritt der Pulswelle in den betreffenden Arterienquerschnitt beginnt die leitende Flüssigkeit im Röhrchen zu steigen und erreicht etwas eher, als die Pulswellenhöhe durch den Querschnitt geht, die Spitze der möglichst hoch eingestellten Contactschraube. Fände, wie gesagt, diese Verfrühung des Contactes, dieser Fehler in gleicher Weise an allen zur selben Zeit angewendeten Manometern statt, so blieben die Differenzen der angezeigten Momente, um welche sich's eben handelt, ganz unverändert und vollkommen richtig.

Hinsichtlich der Anordnung der Stromleitungen und der verschiedenen Einschaltung der Contactstellen gilt hier dasselbe, was beim vorigen Verfahren bemerkt wurde.

γ) Das Verfahren mit Hebelvorrichtungen.

Man kann hiezu jeden Sphygmographen brauchbar machen, wenn man den Fühlhebel desselben so einrichtet, dass er durch seine Bewegungen Contacte herstellt oder unterbricht. Ist der Fühlhebel ganz von Metall, wie beim Vierordt'schen Apparat, so lässt sich der eine Pol der Kette mit dem Axenlager verbinden, und der andere mit einer Contactschraube, welche der Fühlhebel im geeigneten Moment zu berühren hätte.

Ist der Fühlhebel von Holz und trägt eine metallene Spitze (Stahlfeder) wie beim Marey'schen Sphygmographen, so müsste der eine Pol mit der Metallspitze verbunden werden; wobei jedoch die Beweglichkeit des Fühlhebels leiden würde. Diesem Uebelstand wäre auszuweichen, wenn man statt einer Contactschraube deren zwei anwendete, welche das metallene Ende des Fühlhebels gleichzeitig berührt und so die Leitung zwischen den beiden mit den Poldrähten in Verbindung stehenden Contactschrauben herstellte.

Ferner könnte man Schliessung und Oeffnung von Stromleitungen durch den Fühlhebel des Sphygmographen erhalten, wenn man ihn mit einem Pol verbände und auf einer vollkommen ebenen Platte schreiben liesse, deren obere Hälfte aus einem Nichtleiter (Kammasse),

deren untere Hälfte aus einem Metallstreif besteht, welcher mit dem zweiten Pol in Verbindung wäre. Jedesmal wenn die Trennungslinie der beiden Bestandtheile der Platte vom schreibenden Hebel überschritten würde, müsste eine Contactschliessung oder Oeffnung erfolgen und man sähe zugleich an der erhaltenen Curve, in welchen Phasenmomenten der Pulswelle die Ueberschreitung stattgefunden habe.

Beim Marey'schen Sphygmographen habe ich den Zweck am einfachsten dadurch erreicht, dass ich den Schreibhebel nebst der Hebelvorrichtung, die die Bewegungen der starken elastischen Feder auf den Schreibhebel überträgt, ganz entfernte und über dem Ende der elastischen Feder eine isolirte Contactschraube anbringen liess. Der eine Pol der Kette wurde an der Contactschraube, der andere an dem Lager der elastischen Feder angebracht und erstere so weit herabgedreht, dass sie eben noch von der Letzteren im Momente der höchsten Expansion der Arterie erreicht werden konnte.

Meine Pulsspiegel von der zuletzt beschriebenen Construction (Fig. 5) lassen sich in ähnlicher Weise zu selbstregistrirenden Contactschlüsseln einrichten.

Ich habe zu diesem Ende statt des Spiegelchens eine Messingplatte zwischen die Axenspitzen der bügelförmigen Gabel einsetzen lassen, welche bei ihren Oscillationen mit einer Contactschraube in Berührung kam, welche in senkrechter Richtung zwischen den beiden Schenkeln der bügelförmigen Gabel angebracht war. Der eine Poldraht wurde an die bügelförmige Gabel, der andere an die isolirte Mutter der Contactschraube angeklemmt. Die oscillirende Messingplatte trug an der Stelle, welche mit der Platinspitze der Contactschraube in Berührung kommen musste, ein Platinplättchen.

Ich wende mich nun zur Erörterung der Mittel, welche ich zur zeitlichen Bestimmung der elektrischen Signale anwendete.

Da ich wegen der künftigen Verwerthung einer genaueren Messung der Pulsverspätung auf Kliniken und in der Praxis mein Augenmerk zunächst auf einfache, leicht ausführbare und keine kostspieligen Instrumente erfordernde, zeitmessende Methode richtete, so habe ich nur die graphische Methode in Anwendung gezogen.

Die graphische Methode, welche Ludwig in die Physiologie eingeführt und Helmholtz zur höchsten Vollendung gebracht hat,

verlangt bekanntlich weiter nichts als ein Uhrwerk *), welches eine Schreibfläche mit bekannter gleichförmiger Geschwindigkeit in gerader oder kreisförmiger Richtung fortbewegt.

Auf der bewegten Fläche werden die zu bestimmenden Momente markirt. Die horizontalen Abstände oder Längen derselben, welche eben den gesuchten Zeiträumen entsprechen, können dann mit der in der Zeiteinheit von der bewegten Fläche zurückgelegten Weglängen genau ausgemessen werden. Die Fortbewegungsgeschwindigkeit, welche der Schreibfläche durch das Uhrwerk ertheilt wird, ist am einfachsten und besten durch einen Elektromagneten zu bestimmen, den man in der von mir angegebenen Weise, während des Versuches, eine Zeitcurve schreiben lässt. Je kürzer die Einheitsintervalle der Zeitcurve gewählt werden, desto sicherer können etwaige Schwankungen in der Gleichförmigkeit der Fortbewegung der Schreibfläche erkannt und unschädlich gemacht werden.

Zur Markirung der Momente, in welchen die Schliessung oder Oeffnung der Stromleitungen durch die sub α, β und γ besprochenen Vorrichtungen bewerkstelligt wird, bediente ich mich je nach der Anordnung derselben, entweder nur einer oder zweier senkrecht übereinander schreibender Elektromagnete; letzteres geschah wenn für jeden der beiden zu vergleichenden Arterienquerschnitte eine besondere Kette und Stromleitung benützt wurde, das erstere, wenn nur eine Kette in Anwendung kam und der eine der Contacte in eine gutleitende Nebenschliessung, der andere in die Hauptleitung eingeschaltet worden war, wobei das Verspätungsintervall durch die Dauer des elektrischen Stromes, d. h. durch die Länge jener Stücke des vom Elektromagneten gezogenen Striches gemessen wurde, welche während des Angezogenseins des Ankers entstanden.

Einigemale habe ich statt der Elektromagnete an Schreibhebeln befestigte Froschschenkel (wie beim Myographium) benützt, und die Stromstärken mit dem Rheochord so abgestuft, dass sie bei jedem elektrischen Signal entweder nur Schliessungs- oder nur Oeffnungszuckung, oder endlich Schliessungs- und Oeffnungszuckung gaben.

---

*) Harles und Fick haben das Uhrwerk durch einfache Fallvorrichtungen ersetzt.

δ) Kritische Bemerkungen.

Meine nicht mühelosen Bemühungen den elektrischen Strom zur exacten Messung der Pulsverspätung zu verwerthen, haben bisher zu einem wesentlich negativen Resultate geführt. Die Bedenken, welche ich von vornherein gegen die Ausführbarkeit der naheliegenden und plausiblen Idee die Pulsbewegungen vermittelst einfacher Hebel, wie beim Sphygmographen oder elektrischen Pulsmanometer, sich selbst registriren zu lassen, sind, wie mich meine Versuche mit den beschriebenen Vorrichtungen lehrten, nur zu gerechtfertigt gewesen.

Die am Eingange dieses §. angedeuteten Schwierigkeiten liessen sich selbst durch die sorgfältigste und feinste Einstellung der Contactschrauben nicht ganz beseitigen, und exacte Messungen der Pulsverspätungsintervalle erwiesen sich als unausführbar, weil es niemals sicher war, ob die beiden elektromagnetischen Signale, deren Abstand gemessen werden sollte, auch wirklich genau derselben Phase der Pulswelle an den beiden zu vergleichenden Orten entsprachen oder nicht. Ich theile desshalb keine Versuchsreihen im Detail mit und bemerke nur im Allgemeinen, dass dieselben noch schwankendere, im Allgemeinen aber ähnliche Resultate gaben, wie die Methode mit dem Sphygmographen.

Die elektrischen Signale kamen zwar während der ganzen Dauer mancher Versuchsreihen sehr regelmässig zum Vorschein und hätten vortrefflich zur genauen Bestimmung der Pulsfrequenz dienen können, allein in welchem der Phasenmomente dieselben ausgelöst worden waren, konnte nie mit voller Sicherheit ermittelt werden.

Wurde die Contactschraube so hoch gestellt, dass der Contact nur im Momente der höchsten Expansion (Systole) eintreten konnte, dann geschah es allzuleicht, dass die Signale gänzlich ausblieben. Die Contactschraube hingegen so tief herabzudrehen, dass sie genau im Momente des Beginnes der Expansion berührt werde, ist begreiflicher Weise noch weniger thunlich und räthlich.

Kurz es hing innerhalb weiter Grenzen rein vom Zufall ab, welches Resultat die beabsichtigte Messung gab.

Unter so bewandten Umständen hätte ich schon längst die Beschäftigung mit der elektrischen Methode aufgegeben und nur noch die photosphygmographischen Versuche und die Bemühungen zur Vervollkommnung meiner Methode mit dem Sphygmographen fortgesetzt, wenn ich nicht zuletzt auf die Construction von neuen Contactvorrichtungen verfallen wäre, welche mir günstigere Resultate zu versprechen scheinen.

Die Uebelstände der einfachen Contactvorrichtungen entspringen nämlich wesentlich aus der erst ganz willkürlichen, dann aber unverrückbaren Einstellung der Contactschraube.

Bei der Construction der neuen Contactvorrichtungen ist aber statt der einfachen Contactschraube ein kleiner zweiarmiger Hebel angebracht, dessen Axenlager in geringer und nach Bedürfniss veränderlicher Entfernung über den Axenlagern des Hebels stehen, welcher unmittelbar an die pulsirende Stelle angelegt wird, um die Pulsationen aufzunehmen.

Jener Hebel, den ich den Contacthebel nennen will, befindet sich also genau über dem letzteren, welcher der Pulshebel heissen mag, hat dieselbe Länge wie dieser, und wird durch ihn auf folgende Weise in Bewegung gesetzt. Der eine Arm des Pulshebels wird nämlich durch die sich expandirende Arterie emporgehoben, stösst gegen den einen Arm des Contacthebels, welcher, wo die Berührung stattfindet, ein Platinknötchen trägt, und muss diesen mit emporheben; genau mit dem Beginne der Contraction der Arterien sinkt der Arm des Pulshebels zurück und die Berührung desselben mit dem Contacthebel hört auf, indem dieser lelztere zwischen seinen Axenspitzen wohl ganz leicht beweglich ist, dennoch aber mit einer solchen Spur von Reibung geht, dass er in jeder Neigung oder Stellung, in die er gebracht worden, stehen bleibt.

Während nun der eine Arm des Pulshebels, der Contraction der Arterie folgend sinkt, muss der zweite entgegengesetzte Arm desselben emporsteigen, gegen den zweiten correspondirenden Arm des Contacthebels, welcher, wo die Berührung stattfindet, ein Elfenbeinknötchen trägt, stossen, ihn mit emporheben und somit den ganzen Contacthebel in die ursprüngliche Stellung zum Pulshebel zurückführen. Das Spiel beginnt nun von Neuem.

Wenn ich nun noch hinzufüge, dass der Contacthebel mit dem einen, der Pulshebel mit dem anderen Pol einer Kette durch sein Axenlager in leitender Verbindung steht und dass beide Hebel und deren Axenlager von einander elektrisch isolirt sind, so wird man den Sinn und Zweck dieser Vorrichtung vollkommen verstehen, — nämlich die Erzielung einer Unterbrechung eines während der Expansion der Arterien geschlossenen elektrischen Stromes, genau in dem Momente des Beginnes der Contraction der Arterie und somit die mechanische, von der variablen Grösse der Pulse unabhängige Auslösung eines elektrischen Signals, welches an jedem der zu vergleichenden

Arterienquerschnitte sicher derselben *) Phase der Pulswelle entspricht.

Bei der praktischen Anwendung dieser neuen Contactvorrichtung werden sich zwar ohne Zweifel wieder mancherlei Schwierigkeiten ergeben, doch halte ich das Princip des Doppelhebels für so vielversprechend, dass es mir wohl der Mühe werth erscheint, die Versuche mit der elektrischen Methode fortzusetzen und dieselbe endlich doch irgendwie für die Sphygmochronometrie zu retten.

d) Vorläufige Resultate.

Meine bisherigen Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen, haben zwar zunächst ergeben, dass wir noch keine Methode zur Messung der Pulsverspätungintervalle besitzen, welche allen Anforderungen exacter Forschung entspricht. Trotz der noch sehr mangelhaften Hilfsmittel ist es mir aber dennoch möglich gewesen, einige neue Thatsachen auf diesem Gebiete der Pulslehre aufzufinden, welche ich jenem negativen Ergebniss als positives Resultat entgegensetzen kann.

I. Die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Pulswelle vom Herzen aus, durch das Arteriensystem fortpflanzt ist nicht in allen Abschnitten desselben gleich gross.

Ich stelle diesen Satz auf, nicht blos als eine nothwendige Folgerung der Weber'schen Theorie der Pulsbewegung, sondern auch als ein Ergebniss meiner directen Beobachtungen über Pulsverspätung.

1. Weber sagt in seinem früher citirten Programm: „*Vis, qua propagatio undarum in aqua perficitur in attractione terrae i. e. in pondere aquae posita est, sed vis, qua propagatio undarum in sanguine arteriarum peragitur, in elasticitate arteriarum quaerenda est. Quo magis arteriae*

*) Nur in dem Falle, dass die Gipfel der Pulswellenberge an einem der beiden zu vergleichenden Arterienquerschnitte sehr viel stumpfer oder gar geradlinig abgestutzt sein sollten, würde diese Vorrichtung dem Zwecke nicht völlig entsprechen, und müsste noch eine Einrichtung getroffen werden, welche (im Falle, dass eben der Moment des Beginnes der Contraction nicht mit dem Moment des erreichten Maximums der Expansion in einen und denselben Zeitpunkt zusammen fällt) diese beiden Momente, zwischen welchen dann der gesuchte Zeitpunkt in der Mitte liegt, anzeigen könnte.

extensioni, quam a sanguine impulso patiuntur, resistunt eo celerius undam propagari, necesse est. Haud dubie celeritas propagationis pulsus et ipsa non nihil in diversis aegrotis diversa est, quae diversitas, si percipi posset, optime gradum, quo arteriae intensae sunt, indicaret."

Da nun die Dicke und der Elasticitätscoëfficient der Wandungen der verschiedenen Arterien sehr verschieden sind, so muss die Geschwindigkeit, mit welcher die Pulswelle von einem Querschnitt zum anderen rückt, gleichfalls sehr verschieden sein.

2. Unbeschadet der erörterten Mangelhaftigkeit der verschiedenen Messungsmethoden, darf ich es doch als ein unzweifelhaftes Ergebniss meiner Beobachtungen aussprechen, dass das Verspätungsintervall zwischen *Radialis* und *Art. dorsalis pedis* niemals den Werth von 0,050 Sec. erreichte, sondern meist weit unter demselben blieb, im Mittel =0,018 S. (s. oben Tab. *D—R* und die Berechnung am Schlusse des §. C, b pag. 48); während das Verspätungsintervall zwischen *Carotis* und *Radialis* bedeutend grösser war und meist das Doppelte dieses Werthes und darüber betrug, im Mittel =0,094 S. (s. oben Tab. *R—C*).

Die Differenz zwischen den Längen der Wege, welche die Pulswelle zu durchlaufen hat, um die *Radialis* und die *Dorsalis pedis* zu erreichen, müsste also — vorausgesetzt, dass die Geschwindigkeit der Fortpflanzung der Pulswelle von Querschnitt zu Querschnitt in allen Arterien die gleiche wäre — mindestens etwa um die Hälfte kleiner sein als die Differenz der Weglängen zwischen *Carotis* und *Radialis*.

Da nun aber dieses Verhältniss der beiden Differenzen keineswegs stattfindet, ja im Gegentheil die erstere nicht nur nicht kleiner, sondern grösser ist als die letztere, so steht die beobachtete Thatsache mit jener Voraussetzung im grellen Widerspruch und es folgt hieraus im Gegensatze zu jener, bisher niemals in Frage gestellten Voraussetzung, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswelle in der Bahn zur *Dorsalis* grösser sein müsse, als in der Bahn zur *Radialis*, und dass somit jene Voraussetzung falsch und ihr Gegentheil richtig ist, was zu beweisen war.

In voller Uebereinstimmung damit steht die anatomische Thatsache, dass die Arterien, durch welche die Pulswelle in die *Dorsalis pedis* gelangt im Allgemeinen ein grösseres Caliber und dickere Wandungen besitzen als jene Arterien, welche die Bahn zur *Radialis* zusammensetzen. (Vgl. Kölliker Mikr. Anat. II. Bd., 2. Hälfte pag. 512.)

Man ersieht hieraus zugleich, dass die Grösse eines Pulsverspätungsintervalls nicht blos von der absoluten Entfernung des untersuchten Arterienquerschnittes vom Herzen, sondern wesentlich auch von der Beschaffenheit der Gefässwände abhängt und dass es Arterienquerschnitte geben muss, die eben so weit, ja selbst noch weiter vom Herzen entfernt sind, als andere, und an welchen die Pulswelle nichts desto weniger früher anlangt, als an den letzteren.

II. Es ist wahrscheinlich, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswelle im Allgemeinen vom Centrum gegen die Peripherie hin abnimmt. (Das Wort Peripherie ist hier weniger im geometrischen, als vielmehr im anatomisch-physiologischen Sinne zu verstehen; es soll nicht blos die Distanz eines Arterienquerschnittes vom Centrum (Herz) (absolute Länge der Gefässbahn) bezeichnen, sondern wesentlich auch die mit der Annäherung des Querschnittes an die Peripherie (Capillaren) Hand in Hand gehende Structurveränderung der Arterien.)

Dieser Satz wird sich erst dann mit Sicherheit erweisen lassen, wenn die Vorrichtungen und Methoden zur Messung der Pulsverspätung soweit vervollkommnet sein werden, dass man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswelle (in ähnlicher Weise, wie es Munk für die Fortpflanzung der Erregung im Nerven gethan) an genau bestimmten centralen und peripherischen Strecken ein und derselben Gefässbahn exact zu messen im Stande sein wird.

Sollte sich der Satz bestätigen, so würde die bekannte Berechnung der Länge einer Pulswelle aus der als gleichförmig vorausgesetzten Fortpflanzungsgeschwindigkeit derselben und aus der Dauer der Systole ganz unzulässig erscheinen. Während aus meinen bisherigen Ermittelungen (Satz I) folgt, dass diese Berechnung für verschiedene Gefässbahnen eine verschiedene Länge der Pulswelle ergeben würde, müsste die Bestätigung von Satz II jedes Resultat dieser Berechnung absolut unrichtig machen.

III. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen ist bei Kindern kleiner als bei Erwachsenen.

Dieser Satz ist eine weitere Folgerung, welche ich aus der Weber'schen Theorie der Pulsbewegung gezogen und durch meine Versuche erwiesen habe.

Wenn die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen in erster

Linie von der physikalisch-anatomischen Beschaffenheit der Arterienwandungen abhängt, so muss bei der grösseren Zartheit und Dehnbarkeit der kindlichen Arterien, die Geschwindigkeit, mit welcher die Pulswelle von Querschnitt zu Querschnitt fortrückt, bei Kindern offenbar geringer sein, als bei Erwachsenen, wo die Gefässwände dicker und unnachgiebiger geworden sind.

Die Schätzung der Pulsverspätungsintervalle, welche ich bei einigen Kindern im Alter zwischen 7 und 10 Jahren unternahm, und die Vergleichung derselben mit den gleichnamigen Intervallen bei Erwachsenen, deren Gliedmassen und Gefässbahnen um mehrere Schuhe länger waren als bei den Kindern, haben diese Folgerung auf's Evidenteste bestätigt. Ich fand die Verspätungsintervalle bei den Kindern, durchaus nicht entsprechend der absoluten Kürze der Gefässbahnen und ihrer Längenunterschiede, kleiner, sondern an manchen Stellen sogar grösser als bei den Erwachsenen; — woraus folgt, dass die Geschwindigkeit, mit der die Pulswellen von Querschnitt zu Querschnitt fortschreiten, bei den ersteren wirklich bedeutend kleiner ist, als bei den letzteren. Welchen indirecten Antheil an diesem Unterschied die differenten Verhältnisse der Frequenz und Grösse der Herzschläge zur Menge und mittleren Spannung des Blutes etc. haben mögen, muss vorläufig dahin gestellt bleiben. Ich benützte besonders das Verfahren mit dem Pulsspiegel zur Vergleichung der Verspätungsintervalle, doch lässt sich die Thatsache auch durch einfaches Befühlen der Pulse constatiren.

IV. Die Phasen der Erhebung der Brustwand, durch den Herzchoc, fallen nicht synchronisch mit den Phasen der Pulsbewegung an der Wurzel der Aorta zusammen, sondern gehen den letztern merklich voraus.

Haller hat bekanntlich die Thatsache der Pulsverspätung überhaupt geläugnet. Die von Weber a. a. O. citirte Stelle aus den Elem. Phys. IV, §. 42, welche gegen Weitbrecht gerichtet ist, lautet: *„In homine, si manum dextram cordis sedi opposueris, manum sinistram arteriae temporali, labiali, radiali, popliteae applicueris, manifesto percipies eodem omnino temporis et cordis recurvatum apicem costas ferire et sanguinem in omnibus arteriis, quas nominavi, pulsum efficere. Experimentum saepe feci et in me et in vivis animalibus, fecit Harveius, fecerunt primi circuitus sanguinis statores, fecerunt nuperi viri, fecit in equo Bourgelat. Unicus contrarius testis est Cl. olim vir Josias Weitbrecht, qui alio tempusculo in carotide, alio vero in carpi arteria pulsum percepit, quem virum in singu-*

larem certe et a recepta naturae lege aberrantem eventum incidisse, ne cesse est."

Hiergegen bemerkt Weber: „*At Weitbrechtus non cordis pulsum cum arteriarum pulsu comparavit sed pulsum arteriarum cordi proximarum cum pulsu arteriarum a corde valde remotarum. Facile enim hoc in animalibus aut homnibus quibusdam accidere posset, ut initium pulsus cordis digito tangente non sentiamus, quippe quod, priusquam ad costas appellitur, locum mutare debet, ita ut contractionem ex parte absolverit, cum ad costas appellitur.*"

Heut zu Tage könnte es wohl Niemandem einfallen durch dieses obendrein indirecte Argument Weitbrecht gegen Haller in Schutz zu nehmen, da man längst weiss, dass sich das Herz nicht von der Brustwand entfernen kann, um dann während der Systole gegen die Rippen, wie ein Glockenschwengel, anzuschlagen, — und da sich zur Vergleichung des Herzchocs und der Pulse der Moment der höchsten Erhebung der Brustwand und des Maximums der Expansion der Arterien eben so gut, ja noch besser eignet als der Moment des Beginnes dieser Bewegungen. Uebrigens widerlegen meine Beobachtungen Haller direct.

Ich habe nämlich sehr bedeutende Verspätungsintervalle zwischen dem Herzstoss und den Pulsen verschiedener Arterien thatsächlich nachweisen können; ja ich habe sogar zwischen Herzstoss und Puls der *Carotis* bei mir selbst ein Intervall von nicht unter 0,060 Sec. mit Sicherheit constatirt (s. oben Tab. *C—H* — Mittelwerth 0,087 Sec.).

Die Grösse dieses Intervalls hat mich allerdings sehr überrascht. indem die Entferung der *Carotis* vom Herzen eine sehr geringe ist und die Wandungen der ganzen in Betracht kommenden Gefässbahn sehr dick und verhältnissmässig wenig nachgiebig sind.

Alles was ich über Pulsverspätung durch Beobachtung ermittelt und aus Weber's unzweifelhaft richtiger Theorie der Pulsbewegung gefolgert hatte, stand mit dieser Beobachtung in Widerspruch; es wäre statt dieses bedeutenden gerade ein verschwindend kleines Verspätungsintervall zwischen Herzstoss und Carotispuls zu erwarten gewesen.

Ich suchte sofort nach einem etwaigen Beobachtungsfehler, allein die bei Anwendung der Methode mit dem Sphygmographen erhaltenen Herzstosscurven zeigten keine Spur einer Schleuderung des Schreibhebels, welche eine unwahre Vergrösserung des Verspätungsintervalls hätte bedingen müssen.

Ueberdies ergab auch die Berechnung des fraglichen Verspätungs-

intervalls einerseits aus der Differenz $(R—H) — (R—C)$ andererseits aus der Differenz $(D—H) — (D—C)$ (vgl. oben, am Schlusse des Abschnittes *C*, *b* pag. 47—48) einen 0,060 Sec. übersteigenden Werth.

Endlich habe ich auch vermittelst der übrigen Messungs- und Schätzungsmethoden — trotz ihrer erörterten beschränkten Zuverlässigkeit, ein ähnliches Resultat erhalten und so dürfte denn die Richtigkeit desselben sicher gestellt erscheinen.

Der Versuch dieses räthselhafte Beobachtungsresultat zu erklären, führte mich zu der Aufstellung des Satzes, dass das Maximum der Elevation der Brustwand durch den Herzstoss, mit dem Maximum der Expansion an der Aortenwurzel zeitlich nicht zusammenfällt, sondern ersteres dem letzteren um ein merkliches Zeitintervall vorauseilt.

Man wird dies ganz natürlich finden, wenn man bedenkt, dass die Thoraxwand, welcher das Herz anliegt, in dem Moment emporgehoben zu werden beginnt, in welchem die Herzmuskulatur durch die systolische Contraction und Spannung anfängt hart zu werden und die Formen und Durchmesser des erschlafften, aber bluterfüllten Herzens, wie sie am Ende der Diastole bestanden, zu ändern.

Das Maximum der Erhebung der Brustwand kann aber nicht mit dem Ende der Systole zusammenfallen, wo das contrahirte und entleerte Herz in allen Dimensionen an Grösse abgenommen hat, sondern vielmehr mit jenem Momente im Verlaufe der Systole, wo das prallcontrahirte und noch gefüllte Herz die grössten systolischen Durchmesser besitzt und den bedeutendsten Druck auf die Brustwand ausübt.

Die grösste Expansion der Aortenwurzel hingegen kommt erst gegen Ende der Systole zu Stande, wenn eben der ganze Ventrikelinhalt in dieselbe eingepresst worden ist, da der Seitenwanddruck so lange steigt, als Blut aus dem Ventrikel mit hinreichender Geschwindigkeit und Kraft einströmt; dieses Einströmen aber erst mit dem Ende der Systole ganz aufhört.

Das verhältnissmässig grosse Verspätungsintervall zwischen Herzstoss und Carotispuls steht also in keinem Widerspruch mit meinen übrigen Beobachtungen und Auseinandersetzungen, indem es fast ganz auf Rechnung der Ungleichzeitigkeit der Phasen des Herzstosses und der Phasen der Entstehung der Pulswelle an der Aortenwurzel, und nur zum allergeringsten Theile auf Rechnung der gewiss verschwindend kleinen Verzögerung kommt, welche die Pulswelle auf dem kurzen Wege zur *Carotis* erfährt. —

Ich freue mich schliesslich anführen zu können, dass **Marey** *(Physiol. méd. de la circul. du sang, Paris 1863)* auf Grundlage seiner directen Versuche mit dem Cardiographium an Thieren zu derselben Ansicht über die Beziehung des Herzstosses zur Pulswelle in der Aorta gekommen ist und unmittelbar nachgewiesen hat, dass auch der Beginn der Systole, welche mit dem Beginn des Herzstosses synchron ist, dem Beginn der Pulswelle in der Aorta um ein sehr merkliches Zeitintervall voraneilt (pag. 190): „*La systole ventriculaire dure donc un certain temps avant d'acquérir le degré suffisant pour soulever les valvules sigmoïdes de l'aorte; elle n'y peut arriver qu'après la clôture de la valvule mitrale. . . . . L'ouverture des valvules n'a lieu que plus tard. On voit par là qu'il y a un retard entre le début de la contraction du ventricule et la pénétration du sang dans l'aorte. Ce retard, qui est sensiblement égal à un dixième de seconde, est employé par le ventricule à atteindre le degré de pression intérieur suffisant pour vaincre la pression du sang de l'aorte.*"

Diese Verzögerung, welche zwischen Herzpuls (*Choc*) und dem Anfang der Pulswelle in der Aortenwurzel liegt, addirt sich also zu der Verzögerung, welche die Pulswelle beim Fortschreiten durch die Arterienbahnen erfährt hinzu; das Verspätungsintervall zwischen dem Puls des Herzens und dem Puls einer beliebigen Stelle des Aortensystems ist also immer die **Summe** dieser beiden Verzögerungen. —

IV.

Bemerkungen über einige physiologische Vorrichtungen.

a) Eine neue Canüle zur künstlichen Athmung.

Ich bediene mich zur Einleitung der künstlichen Athmung einer Canüle, welche aus einem kurzen Stück einer weiteren Glasröhre besteht, dessen beide Enden durch Korke verschlossen sind, von denen der eine eine Bohrung hat, in welcher das Röhrchen steckt, das in die Trachea des Thieres eingebunden wird, während der andere zwei Bohrungen besitzt: eine dieser Bohrungen bleibt frei, in der andern steckt ein Glasröhrchen, welches durch einen Kautschukschlauch mit dem Blasbalg in Verbindung steht.

Beim Zusammendrücken des Blasbalgs wird dann die Luft in die Lungen geblasen, obschon ein Theil derselben aus der frei gelassenen Bohrung im Korke, deren Oeffnung beliebig erweitert oder verengert werden kann, entweicht.

Während sich der Blasbalg mit frischer Luft füllt, treibt die Lunge durch ihre Elasticität die alte aus der frei gelassenen Bohrung im Korke heraus.

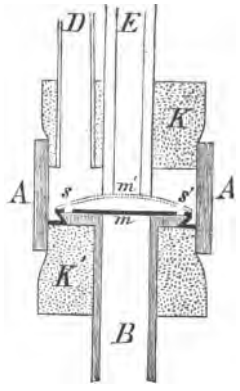
Und so kann denn in der Lunge des Thieres ein solcher Luftwechsel unterhalten werden, dass es nicht nur möglich wird das gewöhnliche Athmungsbedürfniss zu decken, sondern den Sauerstoffgehalt des Blutes so sehr zu steigern, dass die Athembewegungen in der von Rosenthal angegebenen Weise vollständig zur Ruhe kommen.

Um die aus der Lunge zurückehrende Luft (Exspirationsluft), behufs einer Analyse oder Volumbestimmung, vollständig und unvermischt sammeln zu können und um zugleich von der künstlich in die Respirationsorgane einzutreibenden, oder Inspirationsluft nichts durch die freie Bohrung im oberen Korke zu verlieren, habe ich an meiner Canüle eine Klappenvorrichtung angebracht, welche die beiden Luftarten sondert, indem sie nur der Exspirationsluft erlaubt durch ein in die freie Bohrung des oberen Korkes gestecktes Rohr zu entweichen, die Inspirationsluft aber verhindert denselben Weg zu gehen, bevor sie nicht in die Respirationsorgane eingedrungen und selbst zur Exspirationsluft geworden ist.

Diese Klappenvorrichtung wird aus der beistehenden schematischen Durchschnittszeichnung verständlich werden (s. Fig. 8).

Fig. 8.

Canüle zur künstlichen Athmung mit Klappenvorrichtung zur Sonderung der In- und Exspirationsluft.



A, A ist ein kurzer dickwandiger Glascylinder, dessen oberes und und unteres Ende durch Korke oder belederte Holzpfröpfe (*K*, *K'*) verschlossen ist. Der untere Kork (*K'*) hat nur eine Bohrung, in welcher die Röhre *B* steckt, die mit dem Blasbalg in Verbindung steht. Der obere Kork (*K*) besitzt zwei Bohrungen; in der einen steckt die Röhre *D*, deren äusseres Ende in die Trachea eingebunden ist, in der anderen die Röhre *E*, welche frei in der Luft mündet oder mit einem Behältniss zur Aufsammlung der Exspirationsluft verbunden wird.

Die Röhre *B* trägt eine ebene Endplatte, über welche eine elastische Membran (feuchte Blase, Goldschlägerhaut) gebunden ist, welche zu beiden Seiten ihres mittleren Theiles (*m*) je eine schmale, mehrere Linien lange Spalte besitzt (im Durchschnitt als die Lücken *s*, *s'* erscheinend). Das innere quer und eben abgestutzte Ende der dickwandigen Röhre *E* ragt so weit aus der Bohrung des Korks *K* herein, dass es sich in sehr geringer Entfernung vom mittleren undurchbrochenen Theile der elastischen Membran (*m*) gegenüber der Oeffnung der Röhre *B* befindet.

Wenn nun Luft beim Zusammendrücken des Blasbalgs durch die Röhre *B* in den Cylinder *A* eintreten will, so muss sie zuerst die elastische Membran von der Endplatte abheben, um ihren Weg durch die Spalten *s*, *s'* in's Innere von *A* zu nehmen. Dabei wird der

mittlere undurchbrochene Theil der elastischen Membran kräftig hervorgewölbt, und gegen das ebene dickwandige Röhrenende *E* fest angedrückt, wodurch letzteres luftdicht verschlossen wird (s. die punktirte Linie *m'*). Die in den Cylinder *A* einströmende Luft kann nur durch die Röhre *D* entweichen und gelangt auf diesem Wege als Inspirationsluft in die Lunge des Thieres.

So wie der Blasbalg auseinander gezogen wird, um sich mit frischer Luft zu füllen, fällt die emporgewölbte elastische Membran sofort auf die Endplatte der Röhre *B* zurück und verschliesst die Oeffnung derselben hermetisch, während das Röhrenende von *E* frei wird. Die aus der Lunge des Thieres durch die Röhre *D* zurückkehrende Exspirationsluft ist also gezwungen durch die Röhre *E* zu entweichen.

Beim nächsten Zusammendrücken des Blasbalgs beginnt das Doppelspiel der membranösen Klappe von Neuem mit grösster Präcision, — wenn, wie sich von selbst versteht, das innere Röhrenende von *E* in der richtigen Entfernung von dem mittleren undurchbrochenen Theile des membranösen Ventils eingestellt worden ist.

Zur Prüfung der Exactheit, mit welcher das Ventil seine Aufgabe löst, eignet sich am besten die so empfindliche Spiegelprobe, welche ich zur Untersuchung des Verhaltens des weichen Gaumens bei der Hervorbringung der „reinen und nasalirten Vokale" (s. d. in den Sitzber. d. Wiener Ak. d. Wiss., Februar 1858) angegeben habe.

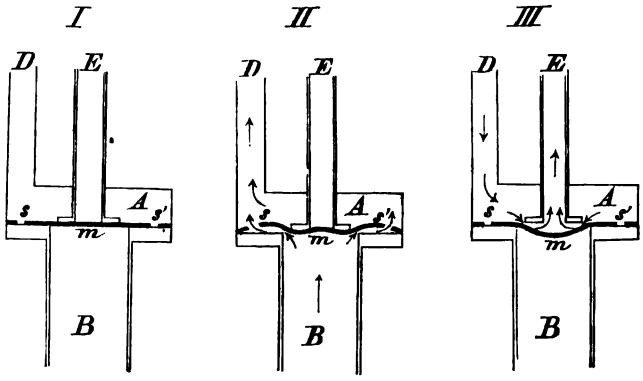
Man bläst einfach die feuchte warme Luft aus dem Munde durch die Röhre *B* in die Canüle hinein und hält einen kleinen kalten Metall- oder Glasspiegel abwechselnd vor die Mündung der Röhre *D* und der Röhre *E*; vor die erstere gehalten, beschlägt sich der Spiegel sofort mit präcipitirtem Wasserdampf, vor die letztere gehalten wird er ganz blank bleiben, sobald der Ventilschluss ein absolut luftdichter ist; die leisesten Spuren von feuchter warmer Luft würden sich unverzüglich durch einen Hauchfleck am Spiegel verrathen.

Das membranöse Ventil erfüllt, begreiflicher Weise seine doppelte Aufgabe dann am sichersten und zuverlässigsten, wenn man 1. am Röhrenende *E* gleichfalls eine quergestellte ebene Endscheibe — wie am Röhrenende *B*, jedoch von bedeutend kleinerem Durchmesser als die Röhre *B* im Lichte besitzt — anbringt; und 2. die Röhre *E* so tief nach unten einstellt, dass ihre Endscheibe mit jenem mittleren Theil der elastischen Membran, welcher das Lumen der Röhre *B* überspannt, schon in Berührung steht, bevor eine Emporwölbung der Membran stattfindet (s. Fig. 9 I). — Das Einströmen der Luft nach *A* durch die

Spalten *s*, *s'* bleibt nichtsdestoweniger gestattet, weil eben die Endscheibe von *E* einen bedeutend kleineren Durchmesser hat, als das Lumen der Röhre *B* (s. Fig. 9 II). Das Ausströmen der Exspirationsluft durch die Röhre *E* wird hingegen dadurch ermöglicht, dass der mittlere Theil der elastischen Membran gegen das Lumen von *B* hin Raum findet sich vorzuwölben und die Passage durch *E* freizugeben, wenn — wie es im Stadium der Espiration der Fall ist — der Luftdruck in *A* grösser, in *B* kleiner, ja negativ wird (s. Fig. 9 III).

Fig. 9. Dient zur Erläuterung der zuletzt erwähnten Modificationen der Athmungscanüle.

A centraler Ventilraum der Canüle; *B* Röhre, welche mit dem Blasbalg communicirt; *D* Röhre, deren Ende in die Trachea des Thieres eingebunden ist; *E* Abzugsröhre für die Exspirationsluft; *m* membranöses Ventil, welches am Umfang der Endplatte von *B* befestigt, zwischen dieser und der Endplatte von *E* horizontal ausgespannt ist; *s*, *s'* peripherisch gelegene Spaltöffnungen des membranösen Ventils.



I. Die Canüle im Zustand der Ruhe, wo das membranöse Ventil nach unten mit der Endplatte von *B*, nach oben mit der Endplatte von *E* gleichzeitig in Berührung steht.

II. Die Canüle im Zustand der Inspiration, d. h. wenn die Luft aus dem Blasbalg durch *B* in der Richtung der Pfeile durch *A* und *D* in die Lungen des Thieres eingetrieben wird; die Linie *m* versinnlicht wie das membranöse Ventil von B abgehoben, den Eintritt der Luft nach *A* durch die Spaltöffnungen *s*, *s'* gestattet, und das Röhrenende von *E* gleichzeitig hermetisch abschliesst, so dass keine Spur von Luft durch *E* entweichen kann.

III. Die Canüle im Zustand der Exspiration, d. h. wenn die Luft aus den Lungen des Thieres — nach Entleerung des Blasbalgs oder Sistirung seiner Thätigkeit — durch *D* nach *A* zurükkehrt. Die Linie *m* macht anschaulich, wie dann das membranöse Ventil die Röhre *B* hermetisch abschliesst und gleichzeitig das Röhrenende *E* wegsam macht, so dass die Exspirationsluft ausschliesslich (in der Richtung der Pfeile) durch *E* entweichen muss.

b) Verbesserung an der Du-Bois-Kühne'schen Vorrichtung zu Versuchen über chemische Reizung der Muskeln.

Du-Bois hat bekanntlich eine elegante Vorrichtung beschrieben*), welche zum Zwecke hat, „die Versuche über unmittelbare chemische Reizung der Muskeln, in der Gestalt, welche Kühne ihnen ertheilt hat (Müll. Arch. 1859 p. 215) einer grösseren Versammlung vorzuführen."

Um die Zuckung sichtbar zu machen, dient „ein von Herrn Rosenthal ersonnener Kunstgriff," welcher darin besteht, einen langen Glasfaden durch den Muskel zu stossen, welcher die Zuckung fühlhebelartig vergrössert, indem sein dickeres ringförmig umgebogenes Ende an einem neben dem Muskel am Ständer befestigten gläsernen Haken eingelenkt wird. Das freie Ende des Glasfadens trägt ein durchbrochenes Papierfähnchen.

Wer mit diesem gläsernen Fühlhebel experimentirt hat, wird die mannigfachen Unbequemlichkeiten und Uebelstände erfahren haben, welche der angegebene Kunstgriff mit sich bringt.

Gegen die Herstellung des Drehpunktes des Hebels vermittelst der Einlenkung des ringförmigen Endes am Glashaken des Ständers wäre zwar allerdings gar nichts einzuwenden, allein die Verbindungsart des Glasfadens mit dem Muskel, indem man ersteren quer durch den letzteren in geringer Entfernung vom Querschnitt durchstossen soll, ist ganz verwerflich.

Erstens wird der Muskel, selbst bei der vorsichtigsten Manipulation, verletzt, gedrückt, gezerrt, wodurch seine Erregbarkeit wesentlich leidet.

Zweitens kann man, ohne höher oben den Glasfaden neuerdings durchzustossen, wobei der Muskel neuerdings misshandelt wird, stets nur einige wenige frische Querschnitte anlegen.

Ich hänge deshalb den Glasfaden lieber vermittelst eines ungemein zarten, S-förmigen Stahlhäkchens äusserlich am Perimysium des Muskels an oder ich benütze — was noch besser ist — statt des Glasfadens einen dünnen leichten Stroh- oder Grashalm von hinreichender Länge, den ich entweder ebenfalls mit dem Stahlhäkchen am Perimysium anhänge oder aber einige Linien weit der Länge nach spalte um den Muskel nahe am Querschnitt sanft einzuklemmen. Das eine Ende

*) E. du Bois-Reymond: Beschr. einiger Vorricht. und Versuchsw. zu el.-phys. Zwecken. Berlin, Dümmler 1863.

des Halms wird einfach durch den Glashaken am Ständer durchgeschoben, auf das andere Ende stecke ich das durchbrochene Papierfähnchen oder ein auseinandergezupftes Flöckchen weisser oder gefärbter Baumwolle.

Obschon auf die angegebene Weise die wesentlichen Unbequemlichkeiten und Uebelstände des Rosenthal'schen Fühlhebels beseitigt werden können, so habe ich doch einen neuen, viel besseren Kunstgriff zur Sichtbarmachung der Zuckungen ersonnen, welchen ich als eine wirkliche Verbesserung an der Du-Boi'schen Vorrichtung bezeichnen und empfehlen kann.

Statt des langen Fühlhebels Rosenthal's verwende ich nämlich ein kleines, leichtes Spiegelchen, welches einerseits an das Perimysium des Muskels vermittelst eines feinen hakenförmigen Fortsatzes befestigt wird, andererseits auf einem festen Stützpunkt, welcher durch eine passende Abänderung des den Glashaken tragenden Stativarms der Du-Bois'schen Vorrichtung hergestellt wird, ruht und als einarmiger Hebel durch die Zuckungen in Bewegung gesetzt wird.

Das von diesem Spiegelchen in derselben Weise wie bei meinen Pulsspiegelversuchen, auf die Decke oder eine Wand des Hörsaales reflectirte Lichtbild giebt die leiseste Muskelzuckung in vergrössertem Massstab, allen Anwesenden sichtbar, genau wieder *).

---

*) Beiläufig will ich hier erwähnen, dass ich schon vor längerer Zeit überhaupt begonnen habe, dieses einfache Hilfsmittel, welches bisher nur hier und da, z. B. bei galvonometrischen und acustischen Versuchen benutzt wurde, in mannigfaltigster Weise für physiologische Zwecke zu verwerthen, um es in der demonstrativen Experimentalphysiologie so zu sagen einzubürgern. Abgesehen von der bereits beschriebenen Anwendung desselben zur Demonstration der Pulse und Muskelzuckungen, leistet es vortreffliche Dienste, um einer grösseren Versammlung z. B. die Wirkung des Vagus auf Herz- und Athembewegungen oder die Aufeinanderfolge der Zusammenziehung und Erschlaffung der Abschnitte des Herzens, während des Ablaufs einer Reihe von Schlägen u. s. w. vorzuführen. Bei blossgelegtem oder ausgeschnittenem Herzen genügt es die Spiegelchen unmittelbar und der Art auf die betreffenden Abschnitte zu legen, dass sie durch die Pulsationen hebelartig auf und nieder bewegt werden und dafür Sorge zu tragen, dass sie sich nicht verschieben oder herabfallen. Will man den Brustkasten nicht öffnen, so kann man die einzustechenden Nadeln, auf welche sich die Bewegungen der angespiessten Theile übertragen, mit ganz leichten, kleinen Spiegelchen versehen (Spiegelnadeln, Nadelspiegelchen), die Spiegelchen vermittelst einer guten Laterna magica oder des Sonnenlichtes beleuchten und die von denselben reflectirten Lichtbilder auf eine entfernte Wand werfen.

c) Verbesserung am Marey'schen Sphygmographen.

Der Schreibhebel des Marey'schen Sphygmographen ist bekanntlich von Holz und trägt an seinem Ende eine mehre Centimetres lange etwas gebogene Stahlfeder, welche durch ihre Elasticität mit der Spitze gegen die wandernde Platte, auf welche geschrieben werden soll, angedrückt wird.

Es ist ein offenbarer Uebelstand, dass man bei dieser Einrichtung kein Mittel hat, die Reibung zwischen der Schreibspitze und der wandernden Platte zu reguliren, als das, den Holzhebel oder die Stahlfeder so lange hin und her zu biegen, bis man den gewünschten minimalen Reibungsgrad gefunden zu haben glaubt, oder aber die Axenlager des Schreibhebels mehr nach rechts oder nach links zu schrauben.

Um diesen Uebelstand rasch und sicher zu beseitigen, bediene ich mich eines sehr kleinen und leichten Holzkeilchens, welches ich zwischen das Ende des Holzhebels und den Anfang der Stahlfeder mehr oder weniger tief hineindrücke.

Ist es nun auch möglich auf diese simple Weise den Grad der Reibung zwischen der Schreibhebelspitze und der wandernden Platte einigermassen zu reguliren, so bietet die Zusammensetzung des Schreibhebels aus einem hölzernen Stäbchen und einer Stahlfeder, besonders, wenn die letztere, wie bei den in Wien fabricirten Marey'schen Sphygmographen, sehr lang und dünn ist, noch mancherlei Uebelstände dar, welche sich als Fehlerquellen für die verzeichneten Pulscurven geltend machen. So z. B. ist die Biegsamkeit und Elasticität der Stahlfeder von entschiedenem Nachtheil, namentlich wenn der Schreibhebel durch plötzliche und kräftige Stösse in Bewegung gesetzt wird.

Am bequemsten und einfachsten ist diese Demonstration des Herzschlages an einem ausgeschnittenen Froschherz vorzunehmen. Man bringt dasselbe auf eine rauhe Unterlage, damit es sich nicht so leicht verschiebe, legt zwei leichte länglich viereckige Spiegelchen dazu, schiebt den Rand des einen über die Vorhöfe, den Rand des andern über die Kammer, so dass sie hebelartig durch die Pulsation auf und ab bewegt werden, beleuchtet dieselben, lässt die reflectirten Bilder neben oder übereinander auf eine entfernte Wand fallen — und kann nun halbestundenlang und darüber den Wechsel von Systole und Diastole und die Aufeinanderfolge der Vorhofs- und Kammerbewegungen an den pulsirenden Spiegelbildern von beliebig vielen Zusehern gleichzeitig beobachten lassen.

Ich habe desshalb den Schreibhebel ganz aus leichtem Holz verfertigen und am äussersten Ende desselben eine quere Bohrung anbringen lassen, durch welche ich ein dünnes kurzes Holzstäbchen, das entweder ein Menschenhaar oder eine sehr zarte Stahlspitze trägt, oder selbst ausserordentlich fein zugespitzt ist, so weit hindurchstecke, dass die berusste Papierfläche von der Schreibspitze eben erreicht wird und die überaus zarten Striche möglichst widerstandslos aufnimmt.

Ende des ersten Heftes.

Wien. Druck von Jacob & Holzhausen
k. k. Universitäts-Buchdruckerei.

LANE MEDICAL LIBRARY

To avoid fine, this book should be returned on or before the date last stamped below.